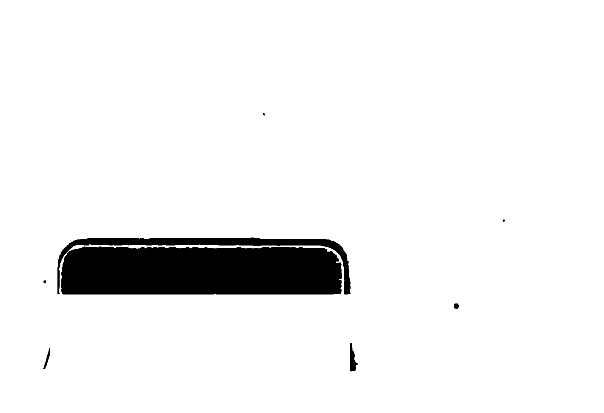




ŒUVRES COMPLÈTES

DE

# FRANÇOIS ARAGO

TOME CINQUIÈME

La propriété littéraire des divers ouvrages de FRANÇOIS ARAGO, étant soumise à des délais légaux différents, selon qu'ils sont ou non des œuvres posthumes, les éditeurs ont publié chaque ouvrage séparément. Ce titre collectif n'est donné ici que pour indiquer au relieur le meilleur classement à adopter.

Par la même raison, la réserve du droit de traduction est faite au titre et au verso du faux titre de chaque ouvrage séparé.

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE, RUE SAINT-BENOÎT, 7.

# ŒUVRES COMPLÈTES

DE

# FRANÇOIS ARAGO

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PUBLIÉES

D'APRÈS SON ORDRE SOUS LA DIRECTION

DE

M. J.-A. BARRAL

Ancien Élève de l'École Polytechnique, ancien Répétiteur dans cet Établissement.

TOME CINQUIÈME

---

PARIS
GIDE ET J. BAUDRY, ÉDITEURS
5 Rue Bonaparte

LEIPZIG
T. O. WEIGEL, ÉDITEUR
Konigs-Strasse



1855


BIBLIOTHECA·BODLEIANA

# NOTICES SCIENTIFIQUES

TOME DEUXIÈME

---

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE RUE SAINT-BENOIT, 7.

# ŒUVRES

DE

# FRANÇOIS ARAGO

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PUBLIÉES

D'APRÈS SON ORDRE SOUS LA DIRECTION

DE

M. J.-A. BARRAL

## NOTICES SCIENTIFIQUES

TOME DEUXIÈME

PARIS
GIDE ET J. BAUDRY, ÉDITEURS
5 Rue Bonaparte

LEIPZIG
T. O. WEIGEL, ÉDITEUR
Konigs-Strasse



1855



# NOTICES SCIENTIFIQUES

## NOTICE HISTORIQUE

### SUR LES MACHINES A VAPEUR

### CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION

Je donne ici la quatrième édition de cette Notice historique sur les machines à vapeur.

La bienveillance avec laquelle le public voulut bien accueillir mon travail lorsque je l'insérai dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* de 1829, m'engagea à le reproduire d'abord dans l'*Annuaire* de 1830 et ensuite dans celui de 1837. Je le réimprime ici tel qu'il a déjà paru. Je le fais suivre de ma réponse aux critiques dont il a été l'objet en Angleterre. On verra que je n'ai pas une seule assertion à modifier dans ce que j'ai d'abord publié concernant l'origine de la machine à feu et les améliorations successives qu'elle a éprouvées.

La machine à vapeur a déjà rendu de trop grands services à l'industrie et à la navigation, pour qu'il faille s'étonner de l'empressement qu'on a mis à rechercher la

part que diverses nations peuvent s'attribuer dans cette invention admirable. Toutefois, on n'apprendra pas sans surprise que, dans la seule Angleterre, les libraires ont vendu, en un très-petit nombre d'années, plus de cent mille exemplaires des nombreux ouvrages où cette question historique est débattue. Un aussi éclatant succès est dû principalement, je n'en doute point, au vif intérêt que la machine à vapeur devait naturellement exciter dans un pays où on la retrouve à chaque pas; mais peut-être sera-t-il permis de supposer que l'amour-propre national y est entré aussi pour quelque chose. Consultez, en effet, le membre de la Chambre des lords et un simple artisan; le négociant de la cité que ses brillantes spéculations ont conduit dans toutes les régions du monde, et le fermier qui n'a jamais dépassé les limites de son comté; parcourez les immenses manufactures de Birmingham, de Manchester, de Glasgow et le plus humble atelier d'un *cottage;* partout on vous dira que le marquis de Worcester est le premier inventeur de la machine à vapeur; partout on citera à la suite de ce nom les noms, tous anglais, de Savery, de Newcomen, de Beighton, de Watt, d'Hornblower, de Woolf, etc. En général, les gens de lettres et ceux qui font de la culture des sciences leur occupation spéciale, n'ont pas à ce sujet des opinions moins arrêtées. Si vous ouvrez l'*Encyclopédie* récente du docteur Rees, vous y trouverez ces lignes : « La machine à vapeur vient immédiatement après le vaisseau, dans l'échelle des inventions; mais dans une Encyclopédie anglaise elle doit occuper le premier rang, à cause qu'elle a été entièrement (*wholly*) inventée et mise en pratique par nos com-

patriotes (article *steam Engine*, 2ᵉ col.); et onze lignes plus bas, comme si le premier passage n'était pas assez clair : « La machine à feu a été inventée par un petit nombre d'individus, tous anglais (*all of them Englishmen*). » Le célèbre professeur John Robison d'Édinburgh est tout aussi positif. « La machine à feu, dit-il, fut sans aucun doute inventée pour la première fois par le marquis de Worcester, sous le règne de Charles II. » (Voyez *A System of mechanical Philosophy*, t. II, p. 46.) Après avoir réfuté ensuite, par des arguments que j'examinerai, les prétentions des auteurs français qui affectent (*affect*) de mêler le nom de Papin à l'histoire de la machine à vapeur, Robison déclare « qu'il n'hésite en aucune manière à donner l'honneur de la première et complète invention au marquis de Worcester. » (Voyez *A System*, etc., p. 50.) Un savant non moins illustre par la profondeur de ses connaissances que par sa vaste érudition, le docteur Thomas Young, a joint son imposant témoignage à ceux je viens de produire. Suivant lui, le marquis de Worcester est le premier inventeur de la machine à feu, le premier qui se soit servi de la pression de la vapeur comme moteur. Dans l'aperçu rapide qu'il donne des améliorations que cette machine a successivement reçues, on ne voit aussi figurer que des mécaniciens anglais. (*Lectures on natural Philosophy*, t. 1ᵉʳ, p. 346 et 356.) Je pourrais encore citer l'habile professeur de mécanique à l'Institution royale, M. Millington; un membre distingué de la nouvelle Université de Londres, M. Lardner; l'auteur d'un traité de Mécanique pratique estimé, M. Nicholson, etc., etc.

Des décisions si nombreuses, si positives, la juste réputation des ouvrages dans lesquels je les ai puisées, ne me semblaient pas même permettre l'ombre d'un doute. Aussi lorsque, d'après le désir des élèves de l'École polytechnique, j'essayai vers 1823 de tracer la série chronologique des perfectionnements que la machine à vapeur a éprouvés depuis son origine jusqu'à nos jours, je m'attendais, je le dis franchement, à n'avoir que des mécaniciens anglais à citer. C'était cependant une erreur : nos voisins de l'autre côté du détroit ne sont ni les seuls ni même les premiers inventeurs de la machine à vapeur. C'est du moins ce qui me paraît résulter d'un certain nombre de documents que je vais rapporter. Je suis certain d'avoir examiné sans prévention ce point curieux de l'histoire des sciences. Mes citations, mes analyses seront exactes, on peut y compter. Si les conséquences que j'en ai déduites ne l'étaient pas, chacun les rectifierait lui-même, puisqu'il aura sous ses yeux tous les éléments de la question. Au reste, je dois dire, avant de terminer ce préambule, qu'il a paru récemment, en Angleterre même, un ouvrage remarquable intitulé *Histoire descriptive de la Machine à feu*, par M. Robert Stuart, et dans lequel tous les essais qu'on a faits pour se servir de la vapeur d'eau comme agent mécanique, se trouvent appréciés avec beaucoup de discernement, et, ce qui est plus rare encore, avec une abnégation complète de tout préjugé national; sauf un petit nombre d'exceptions, les opinions de M. Stuart sur le mérite relatif des ingénieurs qui ont concouru à la création de cette merveilleuse machine, sont parfaitement conformes à celles que j'avais puisées

dans la lecture des titres originaux. Cet accord m'a trop flatté pour que je ne doive pas m'en prévaloir avec empressement. J'ajouterai même que si ma Notice n'avait pas été rédigée en très-grande partie lorsque j'eus connaissance de l'histoire de M. Robert Stuart, je me serais probablement contenté de publier une simple analyse de ce livre : le but que je me proposais aurait été également atteint.

J'espere que les lecteurs apprécieront les motifs qui m'ont déterminé à ne pas suivre strictement l'ordre chronologique dans toutes les parties de cette Notice. J'ai pensé qu'il y aurait plus de clarté à grouper ensemble les paragraphes relatifs aux modes divers et plus ou moins avantageux qui ont été successivement imaginés pour faire agir la vapeur. Les détails du mécanisme, quoique fort importants, ne me paraissent devoir marcher qu'en seconde ligne.

## CHAPITRE II

### MACHINES ATMOSPHÉRIQUES OU A BASSE PRESSION

§ 1.

**120 *ans avant J.-C.* HÉRON D'ALEXANDRIE [1].**

Lorsque les liquides, les gaz ou les vapeurs s'écoulent des vases qui les renferment sous certaines conditions que

1. Héron d'Alexandrie, dit l'Ancien, vivait environ 120 ans avant notre ère. La plupart des nombreux ouvrages qu'il composa sont perdus : il n'en reste plus que trois. La machine à réaction dont il doit être ici question se trouve décrite et représentée dans le traité intitulé *Spiritalia seu pneumatica.* On a prétendu qu'Héron fut le premier inventeur des roues dentées, mais cet honneur appartient,

je vais décrire, ils deviennent une cause de mouvement qu'il est nécessaire de bien apprécier si l'on veut comprendre le jeu d'un petit appareil imaginé par Héron d'Alexandrie, et qui offre, je pense, le premier exemple de l'emploi de la vapeur comme force motrice.

Concevons (fig. 1) un tube coudé ABC dont les deux

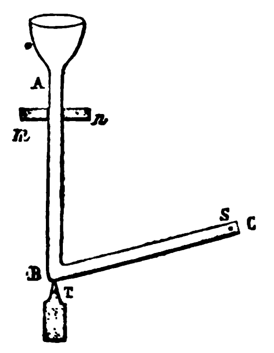



Fig. 1. — Principe des machines à réaction.

branches AB et BC se rencontrent rectangulairement. Supposons que la branche BA soit verticale, qu'elle passe librement dans un anneau fixe *mn* et qu'elle repose par le bas sur une pointe aiguë T, de manière à pouvoir tourner sur elle-même sans obstacle. Si dans cet état on verse de l'eau par l'entonnoir supérieur, nous aurons deux cas bien distincts à considérer. Quand l'écoulement du liquide s'opérera par l'extrémité C, dans la direction BC, tout l'appareil demeurera immobile. Quand, au contraire,

je crois, à son maître Ctésibius. Ses clepsydres et surtout ses automates excitèrent l'admiration de l'antiquité. La fontaine qui porte le nom d'Héron a reçu diverses applications importantes, même de nos jours : elle sert, par exemple, dans les mines de Schemnitz, en Hongrie, comme machine d'épuisement.

le tube BC sera bouché à son extrémité C et que le liquide sortira seulement par une ouverture latérale S, dans une direction horizontale, la machine prendra d'elle-même du mouvement. Elle tournera autour de AB, tant que l'écoulement durera, mais en sens contraire de la direction suivant laquelle se formera le jet. Si l'eau, par exemple, s'élance d'arrière en avant, le tube horizontal BC se transportera, en tournant, d'avant en arrière, comme par une espèce de recul.

Toutes les machines dans lesquelles l'eau a été employée de cette manière, portent le nom de *machines à réaction*.

Un gaz qui parcourrait rapidement le tube coudé ABC, produirait les mêmes effets que l'eau : le tube resterait immobile quand le gaz s'échapperait dans la direction BC; il tournerait au contraire si l'écoulement avait lieu latéralement.

Ces considérations préliminaires suffisent pour que l'on comprenne le mode d'action de la vapeur dans la machine d'Héron.

Imaginons qu'une sphère métallique creuse (fig. 2, page 8), susceptible de tourner entre deux tourillons A et B, soit remplie d'une vapeur très-élastique; que cette vapeur puisse sortir de la sphère par un tuyau saillant DC perpendiculaire à AB et placé sur le prolongement d'un des rayons. On devine déjà que si le tuyau DC est ouvert à son extrémité, il ne tendra pas à tourner, et que la sphère restera en repos; que si, au contraire, l'écoulement s'opère par une ouverture latérale S, d'arrière en avant, par exemple, le tuyau reculera et tendra à faire

tourner d'avant en arrière la sphère à laquelle il est lié. Pour rendre ce mouvement de rotation continu, il suffira d'ajouter aux suppositions précédentes, celles qu'un des deux tourillons (A si l'on veut) est creux, qu'il se trouve, par un bout, en communication avec l'intérieur de la sphère, et par l'autre, avec une chaudière : la vapeur déposée en S sera ainsi continuellement remplacée au fur et à mesure de son écoulement.

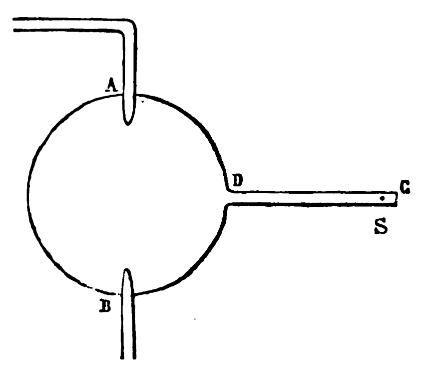



Fig. 2. — Mode d'action de la vapeur dans la machine d'Héron.

Sur la figure qu'Héron a donnée de son petit appareil, on aperçoit deux tuyaux semblables à celui que je viens de décrire. Ils forment les prolongements opposés d'un même diamètre et leurs ouvertures latérales sont disposées de manière qu'ils tendent à faire tourner la sphère dans le même sens.

Il y a aussi dans les *Spiritalia* la description d'une machine toute semblable à la précédente, avec cette différence seulement qu'un courant d'air échauffé y remplace le courant de vapeur.

En résumé, on trouve un certain emploi de la vapeur

aqueuse dans un des appareils décrits par Héron, mais cette vapeur y agit tout autrement que dans les machines modernes. Watt, à qui les essais du mécanicien grec n'étaient pas inconnus, croyait qu'on ne pourrait jamais en tirer rien d'utile. D'autres personnes, si je suis bien informé, augurent au contraire assez favorablement des effets qu'il serait possible d'obtenir avec le mécanisme d'Héron perfectionné, pour avoir cherché, par un brevet, à s'en assurer la jouissance exclusive : le temps et l'expérience prononceront. On voit seulement que si, par des modifications dont nous n'avons aucune idée, des machines à vapeur et à réaction réussissaient un jour et qu'on jugeât à propos d'en écrire l'histoire, il faudrait s'empresser de signaler Héron comme leur premier inventeur. Quant à moi, j'aurais pu me dispenser d'en parler, puisque je ne dois m'occuper actuellement que des machines connues, que des machines employées dans les usines, et que celles-ci n'ont aucune ressemblance avec la sphère tournante du savant d'Alexandrie. Peut-être même eût-il été convenable de citer ici de préférence les auteurs qui, tels qu'Aristote et Sénèque, attribuent les tremblements de terre à la transformation subite de l'eau en vapeur. Cette transformation, suivant eux, s'opère dans les entrailles du globe par la chaleur souterraine; or, les grands effets qu'ils veulent expliquer montrent bien de quelle énorme puissance mécanique la vapeur leur semblait douée. J'espère, en tous cas, qu'on me pardonnera ce paragraphe, quand on verra qu'il donne une solution naturelle de la question importante qu'a fait naître naguère la pièce dont je vais maintenant m'occuper.

§ 2.

1543. BLASCO DE GARAY.

M. de Navarrete a publié en 1826, dans la *Correspondance astronomique* de M. le baron de Zach, la Note ci-après, qui lui avait été communiquée par M. Thomas Gonzalez, directeur des archives royales de Simancas.

« Blasco de Garay, capitaine de mer, proposa, l'an 1543, à l'empereur et roi Charles-Quint, une machine pour faire aller les bâtiments et les grandes embarcations, même en temps de calme, sans rames et sans voiles.

« Malgré les obstacles et les contrariétés que ce projet essuya, l'empereur ordonna que l'on en fît l'expérience dans le port de Barcelone, ce qui effectivement eut lieu le jour 17 du mois de juin de ladite année 1543.

« Garay ne voulut pas faire connaître entièrement sa découverte. Cependant on vit, au moment de l'épreuve, qu'elle consistait dans une grande chaudière d'eau bouillante et dans des roues de mouvement attachées à l'un et à l'autre bord du bâtiment.

« On fit l'expérience sur un navire de 200 tonneaux, appelé *la Trinité,* arrivé de Colibre pour décharger du blé à Barcelone, capitaine Pierre de Scarza.

« Par ordre de Charles-Quint, assistèrent à cette expérience don Henri de Tolède, le gouverneur don Pierre de Cardona, le trésorier Ravago, le vice-chancelier et l'intendant de la Catalogne...

« Dans les rapports que l'on fit à l'empereur et au prince, tous approuvèrent généralement cette ingénieuse

invention, particulièrement à cause de la promptitude et de la facilité avec laquelle on faisait virer de bord le navire.

« Le trésorier Ravago, ennemi du projet, dit qu'il irait deux lieues en trois heures, que la machine était trop compliquée et trop coûteuse, et que l'on serait exposé au péril que la chaudière éclatât. Les autres commissaires assurèrent que le navire virait de bord avec autant de vitesse qu'une galère manœuvrée suivant la méthode ordinaire, et faisait une lieue par heure, pour le moins.

« Lorsque l'essai fut fait, Garay emporta toute la machine dont il avait armé le navire; il ne déposa que les bois dans les arsenaux de Barcelone, et garda tout le reste pour lui.

« Malgré les oppositions et les contradictions faites par Ravago, l'invention de Garay fut approuvée, et si l'expédition dans laquelle Charles-Quint était alors engagé n'y eût mis obstacle, il l'aurait sans doute favorisée.

« Avec tout cela, l'empereur avança l'auteur d'un grade, lui fit un cadeau de 200,000 maravédis, ordonna à la Trésorerie de lui payer tous les frais et dépenses, et lui accorda en outre plusieurs autres grâces.

« Cela résulte des documents et des registres originaux que l'on garde dans les archives royales de Simancas, parmi les papiers de l'état du commerce de Catalogne et ceux des secrétariats de guerre, de terre et de mer dudit an 1543.

« THOMAS GONZALEZ.

« Simancas, 27 août 1825. »

Suivant M. de Navarrete, il résulte de la Note qu'on

vient de lire, « que les vaisseaux à vapeur sont une invention espagnole, et que de nos jours on l'a seulement fait revivre. » De là découlerait aussi la conséquence que Blasco de Garay doit être considéré comme le véritable inventeur des machines à feu!

Ces prétentions me paraissent de nature à être repoussées l'une et l'autre. En thèse générale, l'histoire des sciences doit se faire exclusivement sur des pièces imprimées. Des documents manuscrits ne sauraient avoir aucune valeur pour le public, car le plus souvent il est dépourvu de tout moyen de constater l'exactitude de la date qu'on leur assigne. Des extraits de manuscrits sont moins admissibles encore. Quelquefois l'auteur d'une analyse n'a pas bien compris l'ouvrage dont il veut rendre compte, et il substitue, même sans le vouloir, les idées de son temps, ses propres idées, aux idées de l'écrivain qu'il abrége. J'accorderai, toutefois, qu'aucune de ces difficultés n'est applicable dans la circonstance actuelle, que le document cité par M. de Navarrete est bien de 1543, et que l'extrait de M. Gonzalez est fidèle; mais qu'en résultera-t-il? qu'on a essayé, en 1543, de faire marcher les bateaux avec un certain mécanisme, et rien de plus. La machine dit-on, renfermait une chaudière, donc c'était une machine à vapeur. Ce raisonnement n'est point concluant. Il existe, en effet, dans divers ouvrages, des projets de machines où l'on voit du feu sous une chaudière remplie d'eau, sans que la vapeur y joue aucun rôle : telle est, par exemple, la machine d'Amontons. Enfin, lors même qu'on admettrait que la vapeur engendrait le mouvement dans la machine de Garay, il ne s'ensuivrait pas néces-

sairement que cette machine était nouvelle et qu'elle avait quelque ressemblance avec celle d'aujourd'hui, car Héron, comme on l'a déjà vu, décrivait, 1600 ans auparavant, le moyen de produire un mouvement de rotation par l'action de la vapeur. J'ajouterai même que si l'expérience de Garay a été faite, que si sa machine était à vapeur, tout doit porter à croire qu'il employait l'éolipyle d'Héron. Cet appareil, en effet, n'est pas d'une exécution très-difficile, tandis que (on peut l'assurer hardiment) la plus simple des machines à vapeur d'aujourd'hui, exige dans sa construction une précision de main-d'œuvre fort supérieure à tout ce qu'on aurait pu obtenir au XVI$^e$ siècle. Au reste, Garay n'ayant voulu montrer sa machine à personne, pas même aux commissaires que l'empereur Charles-Quint avait nommés, toutes les tentatives qu'on pourrait faire, après trois siècles, pour établir en quoi elle consistait, n'amèneraient évidemment aucun résultat certain.

En résumé, le nouveau document exhumé par M. de Navarrete doit être écarté, 1° parce qu'il n'a été imprimé ni en 1543 ni plus tard; 2° parce qu'il ne prouve pas que le moteur de la barque de Barcelone était une véritable machine à vapeur; 3° parce qu'enfin si une machine à vapeur de Garay a jamais existé c'était, suivant toute apparence, l'éolipyle à réaction décrite dans les Œuvres d'Héron d'Alexandrie.

§ 3.

## 1615. SALOMON DE CAUS [1].

Salomon de Caus est l'auteur d'un ouvrage intitulé : *Les Raisons des forces mouvantes, avec diverses machines tant utiles que plaisantes*, etc. Cet ouvrage parut à Francfort en 1615. On y trouve, entre autres choses ingénieuses que plusieurs mécaniciens ont présentées de nos jours comme nouvelles, un théorème ainsi conçu, sous le n° 5 : *L'eau montera par aide du feu plus haut que son niveau.* Voici en quels termes Caus justifie cet énoncé :

1. Par une bizarrerie bien digne de remarque, un homme que la postérité regardera peut-être comme le premier inventeur de la machine à feu, n'est cité dans l'histoire des mathématiques de Montucla qu'à l'occasion de son *Traité de perspective*, et encore la citation n'est-elle que de cinq mots. A peine a-t-il aussi obtenu les honneurs d'un article de quelques lignes dans les volumineux dictionnaires biographiques publiés de nos jours. La *Biographie universelle* le fait naître et mourir en Normandie. Elle dit qu'il habita quelque temps l'Angleterre, où il fut attaché au prince de Galles. Dans *les Raisons des Forces mouvantes*, Salomon de Caus prend lui-même le titre d'ingénieur et d'architecte de Son Altesse palatine électorale. Cet ouvrage fut composé, je crois, à Heidelberg ; il a été imprimé à Francfort ; ces trois circonstances ont fait supposer à quelques personnes que Caus était Allemand. Mais remarquons d'abord combien il serait peu probable qu'un Allemand eût écrit en français dans son propre pays. Ajoutons que dans la dédicace au roi très-chrétien (Louis XIII), la formule suivante précède la signature : de Votre Majesté, le très-obéissant subject ; qu'enfin on lit dans le privilége, et ceci tranche tous les doutes : « Nostre bien aimé Salomon de Caus, maistre ingénieur, estant de présent au service de nostre cher et bien aimé cousin le prince Électeur Palatin, nous a fait dire, etc....., désirant gratifier ledict de Caus, comme estant nostre subject, etc. » Ainsi Salomon de Caus était Français.

« Le troisième moyen de faire monter l'eau est par l'aide du feu, dont il se peut faire diverses machines. J'en donnerai ici la démonstration d'une.

« Soit (fig. 3) une balle de cuivre marquée A, bien

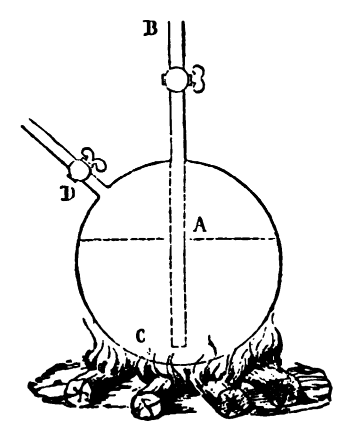


Fig. 3. — Explication de l'ascension de l'eau dans la machine de Salomon de Caus.

soudée tout à l'entour, à laquelle il y aura un soupirail marqué D par où l'on mettra l'eau, et aussi un tuyau marqué BC qui sera soudé en haut de la balle; et le bout C approchera près du fond, sans y toucher; après faut emplir ladite balle d'eau par le soupirail, puis le bien reboucher et la mettre sur le feu; alors la chaleur donnant contre ladite balle, fera monter toute l'eau par le tuyau BC. »

L'appareil dont je viens de transcrire la description est une véritable machine à vapeur propre à opérer des épuisements. Mais peut-être supposerait-on, si je me bornais au passage précédent, que Salomon de Caus ignorait la cause de l'ascension du liquide par le tuyau BC. Cette

cause lui était parfaitement connue, et j'en trouve la preuve dans son théorème 1er, p. 2 et 3, où, à l'occasion d'une expérience toute semblable, il dit que « la violence de la vapeur (produite par l'action du feu) qui cause l'eau de monter, est provenue de ladite eau, laquelle vapeur sortira après que l'eau sera sortie par le robinet avec grande violence. »

§ 4.

1629. Branca.

Branca est l'auteur d'une compilation intitulée : *Le macchine del sig. G. Branca; Roma* 1629. Cet ouvrage renferme la description de toutes les machines dont l'auteur avait eu connaissance. Dans ce nombre, on remarque un éolipyle placé sur un brasier, et disposé de manière que le courant de vapeur, sortant par un tuyau, allait frapper les ailes ou les augets d'une petite roue horizontale et la faisait tourner. Le vent de la tuyère d'un soufflet ordinaire aurait évidemment produit le même effet.

Je n'ai pas encore deviné d'après quelles analogies on a pu voir dans cet éolipyle le premier germe des machines à vapeur employées de nos jours. En tout cas, et je me bornerai à cette remarque, le recueil de Branca est postérieur, de beaucoup, aux deux premières éditions de l'ouvrage de Salomon de Caus.

§ 5.

1663. Le marquis de Worcester [1].

*The Scantling of one hundred Inventions*, par le marquis de Worcester, parut en 1663 pendant le règne de Charles II. Ce livre est plus généralement connu sous le titre de *Century of Inventions*. L'appareil que les auteurs anglais regardent comme la première machine à feu, est décrit dans ces termes (c'est la 68e invention) :

« J'ai inventé un moyen admirable et très-puissant d'élever l'eau à l'aide du feu, non par aspiration, car alors on serait renfermé, comme disent les philosophes, *intra sphæram activitatis*, l'aspiration ne s'opérant que pour certaines distances; mais mon moyen n'a pas de limite, si le vase a une force suffisante. Je pris en effet un canon entier dont la bouche avait éclaté, et l'ayant rem-

1. Edward Somerset, marquis de Worcester, que les Anglais regardent comme le véritable inventeur de la machine à feu, vivait sous le règne des derniers Stuarts. Jeté dans toutes les intrigues de cette époque, il éprouva bien des traverses. Worcester perdit d'abord son immense fortune; il ne passa en Irlande que pour y être emprisonné; il s'évada, atteignit la France, retourna à Londres par les ordres de Charles II, fut découvert et enfermé dans la Tour, d'où il ne sortit qu'à la restauration. La tradition rapporte que les idées de Worcester sur l'emploi qu'il serait possible de faire de la force dont la vapeur aqueuse est douée, furent éveillées pendant sa dernière détention, par le soulèvement subit du couvercle de la marmite dans laquelle ses aliments cuisaient. Si l'anecdote était vraie, elle ferait beaucoup d'honneur à l'esprit inventif du prisonnier, mais elle montrerait en même temps son peu d'érudition; car il faudrait admettre qu'il ne connaissait pas l'ouvrage de Salomon de Caus; or, on sait qu'une seconde édition de ce livre avait paru en France pendant que Worcester y résidait.

pli d'eau aux trois quarts, je fermai par des vis l'extrémité rompue et la lumière; j'entretins ensuite dessous un feu constant, et au bout de vingt-quatre heures le canon se brisa en faisant un grand bruit. Ayant alors trouvé le moyen de former des vases de telles manières qu'ils sont consolidés par la force intérieure [1], et qui se remplissent l'un après l'autre, j'ai vu l'eau couler d'une manière continue comme celle d'une fontaine, à la hauteur de quarante pieds. Un vase d'eau raréfiée par l'action du feu, élevait quarante vases d'eau froide. L'ouvrier qui surveille la manœuvre n'a que deux robinets à ouvrir, de telle sorte qu'au moment où l'un des deux vases est épuisé, il se remplit d'eau froide pendant que l'autre commence à agir, et ainsi successivement. Le feu est entretenu dans un degré constant d'activité par les soins du même ouvrier; il a pour cela tout le temps nécessaire durant

1. Ce passage a été traduit presque toujours d'une autre manière : « Ayant découvert, fait-on dire à Worcester, le moyen de fortifier les vaisseaux intérieurement, etc., etc. » La phrase, je dois l'avouer, est beaucoup plus raisonnable que celle de ma version, mais c'est presque un argument contre sa fidélité, tant en général les projets de Worcester sont chimériques et extravagants. Au reste, voici le texte original : « Having a way to make my vessels so that they are *strengthened by the force within them*, etc., etc. » Il m'a semblé que *force within them* ne peut pas désigner des moyens de consolidation intérieurs. Si j'ai bien compris ces paroles, Worcester, pour répondre à une objection qu'il prévoyait, a jugé convenable d'assurer que ses nouvelles chaudières n'éclateraient jamais; et en effet, il aurait atteint ce but si, comme il le dit, elles devenaient d'autant plus fortes que la vapeur les presserait avec plus d'intensité de dedans en dehors. Cette circonstance donnera un nouveau poids à l'opinion de ceux qui pensent que Worcester n'a jamais fait l'essai de sa machine, mais je m'empresse de faire remarquer que tout cela est sans importance quant à la question de priorité qu'il faut discuter ici.

les intervalles que lui laisse la manœuvre des robinets. »

Le lecteur connaît maintenant tout ce que le marquis de Worcester a jamais écrit sur la machine à feu. C'est l'unique titre sur lequel se fonde M. Partington, de l'Institution de Londres, dans sa nouvelle édition (1825) de la *Century of Inventions,* pour décider avec tous ses compatriotes que « Worcester est le premier homme qui ait découvert un moyen d'appliquer la vapeur comme agent mécanique; invention qui seule, ajoute-t-il, suffirait pour immortaliser l'âge dans lequel cet homme vivait. »

Examinons à notre tour ce paragraphe tant de fois cité, et voyons, sans partialité, ce qu'au fond on y trouve.

J'y vois d'abord une expérience propre à montrer que l'eau réduite en vapeur peut, à la longue, rompre les parois des vases qui la renferment. Cette expérience était déjà connue en 1605, car Flurence Rivault dit expressément que les éolipyles crèvent avec fracas quand on empêche la vapeur de s'échapper. Il ajoute même : « L'effet de la raréfaction de l'eau a de quoi épouvanter les plus assurés des hommes[1]. » (*Éléments d'artillerie,* p. 128. Paris, 1605.)

J'y vois encore l'idée d'élever de l'eau à l'aide de la force élastique de la vapeur. Cette idée appartient à

1. J'emprunte cette citation à l'un des curieux articles historiques, si riches d'érudition, que M. de Montgéry a publiés sur les machines dans lesquelles le feu est employé d'une manière quelconque, et je la substitue au passage suivant de Salomon de Caus que j'avais d'abord inséré dans le texte. Ce passage n'a paru que dix ans plus tard, c'est-à-dire en 1615, mais près de cinquante ans toutefois avant la *Century of inventions :* « La violence sera grande quand l'eau s'exhale en air par le moyen du feu et que ledit air est

Salomon de Caus, qui l'avait publiée quarante-huit ans avant l'auteur anglais.

J'y trouve enfin la description d'un appareil propre à opérer cet effet; mais qui n'a pas reconnu que la boule métallique de Salomon de Caus élèverait aussi de l'eau à une hauteur quelconque, si l'on supposait ses parois suffisamment fortes et la chaleur assez intense? Peut-être dira-t-on que la machine du marquis de Worcester est préférable? Je pourrais l'accorder sans que cela tirât à conséquence, car il n'est pas question, dans ce moment, de rechercher quel ingénieur a imaginé la meilleure machine à feu, mais seulement qui a pensé le premier à tirer parti de la force élastique de la vapeur pour soulever un poids ou pour produire du mouvement. Au reste, avant de comparer le projet du marquis de Worcester à tout autre projet, il faudrait savoir bien exactement en quoi le premier consistait. Ce problème n'a pas encore été résolu, par la raison toute simple que la description de la soixante-huitième invention du lord anglais manque totalement de clarté. Personne, aujourd'hui, ne serait embarrassé s'il fallait construire une machine d'épuisement dans laquelle l'eau serait soulevée par l'action de la vapeur; mais quand il est question de reproduire celle du marquis de Wor-

enclos; comme par exemple, soit une balle de cuivre d'un pied ou deux en diamètre et épaisse d'un pouce, laquelle sera remplie d'eau par un petit trou, lequel sera bouché bien fort avec un clou, en sorte que l'eau n'en puisse sortir; il est certain que si l'on met ladite balle sur un grand feu, en sorte qu'elle devienne fort chaude, qu'il se fera une compression si violente que la balle crèvera en pièces, avec bruit semblable à un pétard. » (*Les Raisons des Forces mouvantes*, livre premier, feuillet premier, verso.)

cester, on doit s'astreindre à faire ce que dit l'auteur, et pas davantage.

En s'imposant ces deux conditions, M. Stuart a trouvé qu'on approcherait, autant que possible, de la description de son compatriote, si l'on groupait deux appareils de Salomon de Caus de manière à produire par leur jeu alternatif un écoulement continu. Les autres solutions qu'on a données jusqu'ici de la même question, celle de Millington, par exemple, sont évidemment inadmissibles.

Lorsque MM. Thomas Young, Robison, Partington, Tredgold, Millington, Nicholson, Lardner, etc., présentaient le marquis de Worcester comme l'inventeur de la machine à feu, l'ouvrage de Salomon de Caus leur était sans doute inconnu. Puisqu'il demeure maintenant établi, sans réplique, que la première idée de soulever des poids à l'aide de la force élastique de la vapeur appartient à l'auteur français ; que si même la machine de son compétiteur a jamais existé, elle était, suivant toute apparence, l'appareil décrit près d'un demi-siècle auparavant dans l'ouvrage intitulé *Raisons des forces mouvantes*, il faut supposer qu'on ne manquera pas à l'avenir d'inscrire le nom modeste de Salomon de Caus partout où jusqu'ici avait figuré en première ligne celui du marquis de Worcester.

§ 6.

1683. SIR SAMUEL MORELAND [1].

Si je ne voulais parler dans cette Notice que des personnes dont les travaux ont réellement contribué, soit à créer, soit à améliorer les machines à vapeur, le nom du chevalier Moreland n'y figurerait pas; mais ce nom étant cité en Angleterre par la presque totalité des auteurs qui se sont occupés des machines à feu, je n'ai pas pu me dispenser d'en faire moi-même mention, ne fût-ce qu'afin de justifier l'opinion que je viens d'émettre.

Il y a au Musée britannique un très-beau manuscrit du chevalier Moreland, intitulé : *Élévation des eaux par toutes sortes de machines, réduites à la mesure, au poids et à la balance*, présenté à Sa Majesté Très-Chrétienne par le chevalier Moreland, gentilhomme ordinaire de la chambre privée et maître des mécaniques du roi de la Grande-Bretagne [2]. Dans ce manuscrit de 38 pages,

1. Sir Samuel Moreland prit, comme Worcester, une part active aux événements de la guerre civile. Cromwell l'employa dans plusieurs missions diplomatiques. Ses compatriotes assurent qu'il fut simultanément secrétaire de Thurloë et espion en titre du roi. A la restauration, Charles II le nomma baronnet. Moreland s'était occupé de diverses questions d'acoustique, entre autres de la meilleure forme à donner aux porte-voix. Il mourut à Hammersmith dans le mois de janvier 1696, après avoir eu l'idée bizarre de faire enterrer à la profondeur de six pieds, en signe de repentir pour sa vie passée, une grande collection d'ouvrages de musique qu'il possédait.

2. Il existe un ouvrage de Moreland, imprimé à Paris en 1685, et qui a presque exactement le même titre que le manuscrit du *British museum*. Le chapitre relatif à la vapeur ne s'y trouve pas. L'auteur seulement, en énumérant dans sa préface toutes les espèces

l'article relatif à la machine à vapeur occupe 4 pages seulement, et se trouve distingué du reste par un titre particulier. Voici le paragraphe sur lequel on se fonde en Angleterre pour attribuer à Moreland une certaine part dans la création du *Steam Engine.*

« L'eau étant évaporée par la force du feu, ses vapeurs demandent incontinent un plus grand espace (environ 2,000 fois) que l'eau n'occupait auparavant, et plutôt que d'être toujours emprisonnées, feraient crever une pièce de canon. Mais étant bien gouvernées selon les règles de la statique, et par science réduites à la mesure, au poids et à la balance, alors elles portent paisiblement leurs fardeaux (comme de bons chevaux) ; et ainsi seraient-elles d'un grand usage au genre humain, particulièrement pour l'élévation des eaux, selon la table suivante qui marque le nombre de livres qui pourront être levées 1800 fois par heure, à 6 pouces de levée, par des cylindres à moitié remplis d'eau, aussi bien que les divers diamètres et profondeurs desdits cylindres. »

Si l'ouvrage de Moreland avait précédé ceux de Salomon de Caus ou de Worcester, le passage qu'on vient de lire serait un titre réel. En 1683, c'est-à-dire soixante-huit ans après la publication des *Raisons des Forces mouvantes*, et vingt ans après la date de la patente de Worcester, le projet de Moreland ne pouvait plus être considéré que comme un plagiat. Disons toutefois, à l'honneur de ce

de moteurs que le mécanicien met en jeu, cite la force de la poudre et celle de la vapeur d'eau, sans faire à ce sujet aucune remarque d'où l'on puisse induire s'il se donne pour inventeur ou s'il parle d'une chose déjà proposée par d'autres.

mécanicien, que les nombres qu'il donne pour exprimer les volumes relatifs de l'eau et d'un poids égal de vapeur, sont moins éloignés de la vérité qu'on n'aurait dû l'attendre d'expériences faites en 1682.

## § 7.

### 1690 et 1695. Denis Papin [1].

Concevons un large cylindre vertical ABCD (fig. 4),

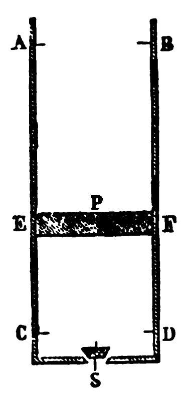



Fig. 4. — Explication de l'élévation du piston dans la machine de Papin.

entièrement ouvert à la partie supérieure, et reposant sur une base métallique armée d'une soupape S susceptible de s'ouvrir de bas en haut à volonté. Plaçons dans le milieu

1. Denis Papin est né à Blois. Il s'adonna dans sa jeunesse à la médecine et prit ses grades à Paris; ensuite il passa en Angleterre où Boyle, qui l'avait associé à quelques-unes de ses expériences, le fit nommer membre de la Société royale en 1681. Forcé de s'expatrier par la révocation de l'édit de Nantes, Papin se réfugia en Allemagne auprès du landgrave de Hesse, et remplit avec distinction, pendant plusieurs années, les fonctions de professeur de mathématiques à l'Université de Marbourg; il mourut en 1710. On peut

de ce cylindre un piston mobile P qui en ferme bien exactement l'ouverture. L'atmosphère pèsera de tout son poids sur la face supérieure de ce piston; elle le poussera de haut en bas. Si la soupape S est ouverte, la portion d'atmosphère dont la capacité DCEF se remplira, tendra au contraire par sa réaction, à faire remonter le piston. Cette seconde force sera égale à la première, parce que, dans un gaz comme dans un fluide, la pression en chaque point est la même dans tous les sens. Le piston, sollicité ainsi par deux forces opposées qui se font équilibre, descendra toutefois, mais seulement en vertu de son propre poids. Il suffira donc d'un effort un tant soit peu supérieur à ce même poids, pour faire monter le piston jusqu'au haut du cylindre et pour l'y maintenir.

Supposons qu'en effet le piston soit amené ainsi à l'extrémité supérieure de sa course, comme la figure 5 (page 26) le représente, et cherchons à le faire descendre avec force. Un moyen bien efficace consisterait à fermer la soupape S, et ensuite, si cela était possible, à anéantir tout à coup et complétement dans le corps de pompe la portion d'atmosphère qui remplit la capacité ABCD. Alors le piston ne recevrait plus d'action que de l'atmosphère extérieure dont il est chargé. Cette action s'exercerait sur sa surface

regarder comme une singularité que l'Académie des Sciences de Paris n'ait point nommé Papin l'un de ses associés, quand on songe que dès 1690 il avait publié un Mémoire dans lequel se trouve, comme on le verra tout à l'heure, la description la plus méthodique et la plus claire de la machine à feu connue aujourd'hui sous le nom de machine atmosphérique, et même celle des bateaux à vapeur. L'homme de génie est toujours méconnu quand il devance trop son siècle, dans quelque genre que ce soit.

supérieure, de haut en bas, et aurait pour mesure le poids d'un cylindre d'eau de 10 mètres (32 pieds) de hauteur, et dont la base serait égale à celle du corps de pompe, ou, ce qui revient au même, le poids d'un cylindre de mercure d'une base pareille et de 76 centimètres (28 pouces 1 ligne) de hauteur seulement; car tel est le poids de l'atmosphère. Le piston descendrait alors nécessairement, et pourrait même entraîner dans sa course un poids égal à celui du cylindre d'eau ou de mercure dont je viens de parler.

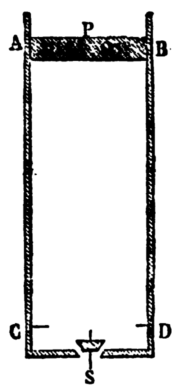


Fig. 5. — Descente du piston arrivé à l'extrémité de sa course dans la machine de Papin.

En suivant toujours la même hypothèse, admettons qu'à l'instant où le mouvement descendant s'est complétement opéré, on ouvre la soupape S. L'atmosphère viendra agir par-dessous et contre-balancer l'action de l'atmosphère supérieure. Il suffira dès lors d'un petit effort pour faire rétrograder le piston jusqu'au sommet du corps de pompe et ramener toutes les parties de l'appareil à leur position initiale. Un second anéantissement de l'atmosphère inté-

rieure fera descendre de nouveau le piston, et ainsi de suite.

En résumé, dans cet appareil, il suffit d'une petite dépense de force pour soulever le piston, tandis que son mouvement descendant peut produire les plus grands effets. Si une corde est attachée par un bout au centre du piston et s'enroule par son autre extrémité sur la gorge d'une poulie, on pourra, à chaque mouvement descendant, soulever un très-grand poids d'une quantité égale à la hauteur du corps de pompe. Avec un cylindre de 2 mètres de diamètre, le poids soulevé à chaque oscillation descendante du piston, serait de 31000 kilogrammes.

L'idée de la machine dont je viens de parler appartient à Papin. Elle est expliquée fort nettement dans les Actes de Leipzig pour l'année 1688, p. 644, et ensuite avec quelques nouveaux développements dans une lettre au comte Guillaume Maurice. (Voyez l'ouvrage imprimé à Cassel en 1695, et intitulé : *Recueil de diverses pièces touchant quelques nouvelles machines*, p. 38 et suiv.) Il nous reste maintenant à faire connaître les moyens que Papin avait proposés pour anéantir, aux moments convenables, la couche d'air atmosphérique qui, placée sous le piston, aurait empêché son mouvement descendant, ou, ce qui revient au même, il nous reste à dire comment il faisait à volonté le vide dans la partie inférieure du corps de pompe.

Ce physicien eut quelque temps la pensée de se servir pour cela d'une roue hydraulique qui aurait fait mouvoir les pistons d'une pompe aspirante ordinaire. Lorsque le cours d'eau chargé de mettre cette roue en mouvement

se serait trouvé très-éloigné de la machine, Papin aurait lié celle-ci à la pompe par l'intermédiaire d'un tuyau métallique continu, semblable aux tuyaux des usines à gaz de nos jours : « c'était, disait-il, un moyen de transporter fort loin la force des rivières. »

Dans cet état, en 1687, la machine fut présentée à la Société royale de Londres, où elle donna lieu à des difficultés dont Papin fait mention, sans dire cependant en quoi elles consistaient. (Voyez *Recueil*, p. 41.) Auparavant il avait essayé de faire le vide sous le piston au moyen de la poudre; mais « nonobstant toutes les précautions qu'on y a observées, dit-il, il est toujours demeuré dans le tuyau environ la cinquième partie de l'air qu'il contient d'ordinaire, ce qui cause deux différents inconvénients : l'un est que l'on perd environ la moitié de la force qu'on devrait avoir, en sorte que l'on ne pouvait élever que 150 livres à un pied de haut, au lieu de 300 livres qu'on aurait dû élever si le tuyau avait été parfaitement vide; l'autre inconvénient est qu'à mesure que le piston descend, la force qui le pousse en bas diminue de plus en plus, etc. (*Recueil*, etc., p. 52.)

« J'ai donc tâché, ajoute-t-il, d'en venir à bout d'une autre manière; et comme l'eau a la propriété, étant par le feu changée en vapeurs, de faire ressort comme l'air, et ensuite de se recondenser si bien par le froid, qu'il ne lui reste plus aucune apparence de cette force de ressort, j'ai cru qu'il ne serait pas difficile de faire des machines dans lesquelles, par le moyen d'une chaleur médiocre et à peu de frais, l'eau ferait ce vide parfait qu'on a inutilement cherché par le moyen de la poudre à canon. »

Cet important paragraphe se trouve à la page 53 du *Recueil* imprimé à Cassel en 1695, comme extrait des Actes de Leipzig du mois d'août 1690. Il est suivi de la description du petit appareil dont Papin se servit pour essayer son invention. Le corps de pompe n'avait que 2 pouces 1/2 de diamètre et ne pesait pas 5 onces. A chaque oscillation, il élevait cependant 60 livres d'une quantité égale à celle qui mesurait l'étendue de la course descendante du piston. La vapeur disparaissait si complétement quand on ôtait le feu, que le piston dont cette vapeur avait amené le mouvement ascensionnel, « redescendait jusque tout au fond, en sorte qu'on ne saurait soupçonner qu'il y eût aucun air pour le presser au-dessous et résister à sa descente. » (*Recueil*, p. 55.) L'eau qui fournissait la vapeur, dans ces premiers essais, n'était pas contenue dans une chaudière séparée; elle avait été déposée dans le corps de pompe même, sur la plaque métallique qui le bouchait par le bas. C'était cette plaque que Papin échauffait directement pour transformer l'eau en vapeur; c'était la même plaque qu'il refroidissait en éloignant le feu, quand il voulait opérer la condensation. Il rapporte qu'avec un feu médiocre, une minute lui suffisait, dans les expériences de 1690, « pour chasser ainsi le piston jusqu'au haut de son tuyau. » (*Recueil*, p. 55.) Mais dans des essais postérieurs, « il vidait les tuyaux en un quart de minute. » (*Recueil*, p. 61.)

Au reste, il déclare lui-même qu'en partant toujours du principe de la condensation de la vapeur par le froid, on peut arriver au but qu'il se propose « par différentes constructions faciles à imaginer. » (Voyez le *Recueil*, p. 53.)

La machine de Salomon de Caus, celle du marquis de Worcester, étaient de simples appareils d'épuisement. Leurs auteurs ne les avaient présentées que comme des moyens d'élever de l'eau. Tel était aussi le parti principal que Papin voulait tirer de sa machine à pression atmosphérique; mais en même temps il avait parfaitement bien vu que le mouvement de va-et-vient du piston dans le corps de pompe pouvait recevoir d'autres applications et devenir un moteur universel. On trouvera, en effet, aux pages 58 et 59 du *Recueil*, et même déjà dans les Actes de Leipzig de 1690, une méthode propre à transformer ce mouvement alternatif en mouvement de rotation. Je n'insisterai pas davantage ici sur cet objet, parce que nous aurons à nous en occuper plus loin, à l'occasion des bateaux à vapeur, et je terminerai ce paragraphe relatif à Papin en présentant au lecteur les conséquences diverses qui me paraissent découler des extraits qu'il vient de lire :

Papin a imaginé la première machine à vapeur à piston;

Papin a vu, le premier, que la vapeur aqueuse fournit un moyen simple de faire rapidement le vide dans la capacité du corps de pompe;

Papin est le premier qui ait songé à combiner dans une même machine à feu, l'action de la force élastique de la vapeur, avec la propriété dont cette vapeur jouit et qu'il a signalée, de se condenser par refroidissement [1].

1. MM. Stuart et Partington ont explicitement reconnu tous ces titres de Papin à la reconnaissance des mécaniciens; mais par compensation les personnes qui liront l'*Histoire des Machines à vapeur*

## § 8.

### 1698. Le capitaine Savery.

Nous n'avons aucune preuve que Salomon de Caus ait jamais fait construire sa machine à feu. J'en pourrais dire

du docteur Robison (voyez la dernière édition commentée par Watt), y trouveront, p. 49, que le premier mémoire de Papin (*First publication*) sur les Machines à feu est de 1707; que ce mécanicien n'a point proposé d'employer un véritable piston, mais un simple flotteur; que jamais, et c'était là l'important, il n'avait songé à produire le mouvement descendant d'un piston par la condensation de la vapeur. Ces arrêts sont consignés aussi dans l'Encyclopédie du docteur Rees, feuille F2, article *Steam engine.* L'auteur de cet article a lu, dans les Actes de Leipzig, la description des machines dans lesquelles Papin essayait de faire le vide à l'aide de la poudre, car il les cite; mais, par une fatalité inexplicable, le Mémoire inséré dans les mêmes Actes où Papin substitue la vapeur d'eau à la poudre n'a pas attiré ses regards, puisqu'il déclare que jamais les appareils du mécanicien français ne furent *intented to be worked by steam.* M. Millington n'est guère plus favorable à notre compatriote, dont les idées, dit-il, sur les moyens de produire une puissance motrice à l'aide de la vapeur, sont toutes postérieures à la patente de Savery (p. 255); (la patente de Savery est de 1698). M. Lardner assure également, dans les leçons qu'il a publiées récemment, que les Français appuient leurs prétentions à l'invention de la machine à vapeur, sur un ouvrage de Papin qui n'a paru qu'en 1707, neuf ans après la date du brevet de Savery. Cette remarque, ajoute-t-il, tranche tout à fait la question : Papin n'a droit à aucun partage dans l'invention de la machine à vapeur (Voyez *Leçons sur la Machine à vapeur*, p. 96, 97 et 101 de l'édition française).

N'est-il pas vraiment bizarre que la plupart des auteurs anglais s'obstinent ainsi à ne citer qu'un seul ouvrage de Papin, celui de 1707; qu'ils ne veuillent tenir aucun compte de l'ouvrage beaucoup plus volumineux auquel j'ai emprunté textuellement divers passages et dont il a paru deux éditions dans la même année 1695, l'une à Cassel en français, l'autre à Marbourg en latin; que tous les Mémoires de cet auteur, insérés dans les Actes de Leipzig, leur parais-

autant du marquis de Worcester [1]. Celle des machines de Papin dans laquelle l'action de la vapeur et sa condensation sont successivement en jeu, n'a été exécutée qu'en petit, et seulement dans la vue de constater expérimen-

sent comme non avenus! J'accorderai, si l'on veut, qu'il n'existe pas de piston proprement dit dans la machine d'épuisement de 1707; que la condensation de la vapeur n'y joue absolument aucun rôle; qu'en tout cas cette machine est postérieure à la patente du capitaine Savery, sans qu'on en puisse rien conclure, puisque ce n'est pas l'ouvrage de 1707 que nous citons, mais bien un recueil de 1695, mais bien les Actes de Leipzig de l'année 1690. Bossut s'autorise, dans son *Hydrodynamique*, de l'ouvrage de 1695 pour attribuer à Papin une part importante dans l'invention de la machine à vapeur; Robison répond que cet ouvrage n'existe pas! (*The fact is that Papin's first publication was in* 1707.) Je concevrais qu'il eût déclaré ne l'avoir point vu; mais cette dénégation tranchante, opposée à l'assertion positive de Bossut était d'autant plus singulière, que le livre de Papin n'est pas très-rare en Angleterre, qu'en tous cas les Actes de Leipzig qui en renferment la substance se trouvent dans les principales bibliothèques, et qu'enfin cet ouvrage, dont le célèbre professeur d'Édinburgh nie l'existence, a été annoncé et analysé en mars 1697, dans les *Pilosophical transactions*, un an avant qu'il fût question de la machine de Savery. L'analyse des *Transactions philosophiques*, cette remarque ne doit pas être oubliée, donne d'ailleurs textuellement le passage de l'ouvrage de Papin qui est relatif à l'emploi de la vapeur, d'abord comme moyen de pousser le piston, ensuite comme moyen de faire le vide dans le corps de pompe. (Voyez *Trans.*, t. XIX, p. 483.)

1. Le privilége sollicité par le marquis de Worcester, lui fut accordé, au dire de Walpole, d'après la simple assurance qu'il donna aux commissaires nommés à cet effet, qu'il avait inventé une machine marchant par l'action de la vapeur. Si la machine avait été réellement construite, la remarque relative à la déclaration, comme l'observe M. Stuart, n'eût pas été nécessaire. Je n'ignore pas qu'en dernier lieu on a prétendu, au contraire, que le bill sollicité par Worcester fut l'objet d'un examen long et minutieux; mais pour annuler le témoignage de Walpole, il aurait fallu prouver que les commissaires du parlement avaient vu une machine fonctionnant ou du moins un modèle, et personne jusqu'ici ne l'a prétendu.

talement l'exactitude du principe sur lequel elle se fonde[1]. Aussi quoique, à proprement parler, il n'y ait rien de bien neuf dans les machines à feu de Savery, on ne pourrait, sans une grande injustice, se dispenser de les citer, puisqu'elles sont véritablement les premières qui aient été appliquées. Je ne pense pas, au reste, devoir en donner ici le dessin : le lecteur pourra, sans ce secours, s'en faire une idée exacte, s'il veut bien se rappeler celle de Salomon de Caus et prêter quelque attention aux considérations suivantes :

D'après le projet de Caus, la vapeur motrice serait engendrée dans le vase où se trouve l'eau à élever, et aux dépens de cette même eau. Dans la machine de Savery, il y a deux vases séparés; l'un renferme l'eau; l'autre, qu'on peut appeler *la chaudière*, contient la vapeur. Cette vapeur, quand on la juge assez abondante, se rend à la partie supérieure du vase d'eau par un tube de communication qui s'ouvre à volonté à l'aide d'un robinet. Elle agit de haut en bas sur la surface du liquide et le refoule dans un tube d'ascension vertical dont l'ouverture inférieure doit toujours être située au-dessous de cette surface, car sans cela la vapeur s'échapperait elle-même.

1. Le comte de Sintzendorff, propriétaire en Bohême de plusieurs mines inondées, avait invité Papin à aller les dessécher avec sa machine; mais les circonstances malheureuses dans lesquelles se trouvait alors l'Allemagne ne lui permirent pas de se déplacer. « Je souhaiterois extrêmement, disait-il, de rendre à Votre Excellence mes très-humbles services, n'estoit que les pays que nous voyons ruinés dans notre voisinage et l'incertitude des événements de la guerre m'avertissent que je ne doibs pas abandonner ma famille de si loing, dans un temps comme celui-cy. » (*Recueil de diverses pièces*, etc., p. 49.)

Jusqu'ici la différence entre les deux machines est insignifiante : continuons la comparaison.

Dans la machine de Salomon de Caus, dès que la pression de la vapeur a produit son effet, un ouvrier remplace l'eau expulsée, à l'aide d'un orifice situé à la partie supérieure de la sphère métallique et qui s'ouvre ou se ferme à volonté. Il ne reste plus alors qu'à aviver le feu. Dans la machine de Savery, ce n'est pas un ouvrier, c'est la pression atmosphérique qui amène l'eau dans le vase à liquide. La vapeur, en poussant devant elle, pendant la première période de son action, l'eau que ce vase contenait, s'est substituée à celle-ci ; or, la vapeur, quelle que soit sa force élastique primitive, se précipitera en grande partie si l'on abaisse beaucoup sa température. Il suffira pour cela, et tel est en effet le procédé adopté par Savery, de jeter de l'eau froide sur les parois du vase dont elle remplit la capacité. Après cette opération, la pression atmosphérique pourra surmonter aisément le ressort à peine sensible de la vapeur que le refroidissement n'aura pas anéantie, et si le vase est en communication par un tube avec une nappe d'eau dont le niveau ne soit pas de plus de 8 à 10 mètres au-dessous, il se remplira par aspiration. En ajoutant que, pour éviter les intermittences d'écoulement, Savery avait employé un troisième vase qui se remplissait de liquide quand le second se vidait, et réciproquement ; que le second et le troisième vase étaient l'un après l'autre en communication avec la chaudière à l'aide d'un système convenable de tubes et de robinets, j'aurai signalé tout ce qu'il y avait d'essentiel dans la machine de cet ingénieur.

On a reproché à l'appareil de Salomon de Caus de n'élever l'eau que chaude. Ce reproche, il faut l'avouer, a quelque gravité sous les rapports économiques, mais il s'applique aussi, jusqu'à un certain point, à la machine de Savery. Dans cette machine, en effet, la vapeur provenant de la chaudière devant agir sur la surface de l'eau du second ou du troisième vase, sans intermédiaire, s'y condense en grande quantité. Son ressort ne devient efficace qu'après que l'eau a déjà acquis une température élevée : quand l'eau commence à monter, elle est donc chaude. Robison dit avoir reconnu expérimentalement qu'en employant la vapeur comme le faisait Savery, il y en a au moins les 11/12$^{es}$ de condensés, soit par les parois du deuxième ou du troisième vase, soit par l'eau qu'ils renferment, lors même que cette eau cède à la plus petite pression. Dans une machine analogue, pour éviter l'énorme déperdition de vapeur dont je viens de parler, Papin imagina, en 1707, de recouvrir l'eau d'un flotteur[1]. Cet artifice ne fut pas adopté, moins encore, je pense, à cause de quelques difficultés d'exécution qu'à raison de défauts très-graves qui sont inséparables de ce genre de machines. Pour élever l'eau à la petite hauteur de 65 mètres (200 pieds), par exemple, Savery était forcé de

1. M. Robert Stuart croit qu'en introduisant un flotteur dans le corps de pompe, Papin n'avait pas pour objet d'empêcher la condensation de la vapeur. (Voyez *a Descriptive history*, 2$^{e}$ édit., p. 52.) Papin s'explique cependant à ce sujet très-clairement, et l'on verra même par le passage que je trouve à la page 26 de l'ouvrage de 1707, combien ce défaut l'avait frappé :

« Je remarque que les vapeurs chaudes qui passent dans la pompe pour en chasser l'eau, rencontrent dans la machine (celle de Savery) de l'eau froide qui les condense et leur fait perdre la plus grande

porter la vapeur de sa chaudière à six atmosphères; de là des dérangements continuels dans les joints; de là également la fonte des mastics et même de dangereuses explosions. Aussi, malgré le titre de son ouvrage, les machines de cet ingénieur ne servirent point utilement dans les mines. Elles ne furent employées que pour distribuer l'eau dans les diverses parties des palais ou des maisons de plaisance, dans des parcs ou dans des jardins, partout, en un mot, où la différence de niveau à franchir ne surpassait pas une quarantaine de pieds. A l'aide de la machine proposée par Papin, il n'est pas de hauteur, au contraire, où l'eau ne puisse être portée, même en n'employant que de la vapeur à une très-faible tension: tout se réduit pour cela à donner au corps de pompe un assez grand diamètre.

En résumé, Savery a essayé de se servir de la force élastique de la vapeur pour pousser l'eau dans un tube vertical; mais Salomon de Caus l'avait fait, précisément de la même manière, quatre-vingt-trois ans auparavant. Savery remplissait par aspiration les vases dans lesquels la vapeur devait agir ensuite; mais en 1698 l'aspiration n'était pas un principe nouveau, puisqu'on avait très-anciennement inventé *l'horreur du vide* pour l'expliquer,

partie de leur force... Ce n'est qu'après que l'eau est échauffée qu'on la peut pousser...; pour chauffer ainsi l'eau, il faut consumer beaucoup de vapeur; il faut donc remettre souvent de nouvelle eau dans la cornue (la chaudière) et il faut bien du temps et du bois pour la réchauffer. Mais par le moyen de notre piston (un flotteur à deux fonds), les vapeurs ne rencontrent toujours que la même surface de ce métal, qui acquiert bientôt une si grande chaleur que les vapeurs ne perdent rien ou très-peu de leur force en s'appliquant dessus. »

et qu'on en trouve d'ailleurs des applications toutes pareilles à celle faite par le mécanicien anglais dans *les Raisons des Forces mouvantes,* feuillet 19, verso; l'aspiration, au surplus, ajoutait très-peu à la valeur de la machine, car elle accroissait d'une trentaine de pieds seulement la hauteur à laquelle le liquide aurait été soulevé sans cela. Savery, enfin, opérait le vide qui déterminait l'aspiration, par le refroidissement de la vapeur; ici la méthode est importante, mais Papin l'avait dès longtemps publiée. La patente concédée à Savery est du 25 juillet 1698; les essais de sa machine devant la Société royale sont du mois de juin 1699; la première édition de l'Ami du Mineur (*Miners' Friend*) porte la date de 1702; ainsi, l'antériorité des titres de Papin serait de trois ans, alors même que mettant de côté les Actes de Leipzig, on ne voudrait remonter qu'au *Recueil* dans lequel se trouvent réunis divers mémoires de ce mécanicien, car cet ouvrage a été publié en 1695. Que reste-t-il donc à Savery? L'honneur d'avoir, le premier, exécuté un peu en grand une machine d'épuisement à feu, et, si l'on veut, celui d'avoir opéré la condensation de la vapeur par le refroidissement que des aspersions d'eau froide occasionnaient dans les parois extérieures du vase métallique qui la renfermait. En décrivant pour la première fois cet ingénieux moyen de faire le vide, Papin, en effet, ne s'était pas expliqué sur les différentes constructions *faciles à imaginer* (ce sont ses expressions), qu'on peut employer pour atteindre ce but. Pendant ses expériences avec un petit cylindre, il se contentait, comme on l'a vu, d'enlever le feu.

§ 9.

1705. NEWCOMEN, CAWLEY ET SAVERY [1].

La machine d'épuisement connue des artistes sous le nom de *machine de Newcomen* ou de *machine atmosphérique,* est la première qui ait rendu de véritables services à l'industrie. Je dirai même que dans un grand nombre de lieux où le charbon ne coûte pas cher, elle est encore en usage, et qu'on n'a point trouvé de profit à la remplacer. Cette machine, au reste, sauf quelques détails de construction fort essentiels et que je signalerai plus loin, n'est autre chose que la machine proposée en 1690 et 1695 par Papin, et qu'il avait essayée en petit.

Dans l'une comme dans l'autre on remarque, en effet, un cylindre ou corps de pompe métallique vertical fermé par le bas, ouvert par le haut, et un piston bien ajusté destiné à le parcourir sur toute sa longueur. Dans l'une comme dans l'autre, le mouvement ascensionnel du piston s'opère par l'effet d'un contre-poids, quand la vapeur d'eau peut arriver librement à la partie inférieure du corps de pompe et la remplir. Dans la machine anglaise

1. Thomas Newcomen et John Cawley vivaient l'un et l'autre dans la ville de Darmouth, en Devonshire. Le premier était quincaillier ou forgeron, car il est désigné, dans les Biographies anglaises, tantôt comme *ironmonger* et tantôt comme *blacksmith;* l'autre exerçait l'état de vitrier (*a glazier*). Newcomen possédait quelque instruction et était en commerce de lettres avec Hooke, secrétaire de la Société royale, l'un des savants les plus ingénieux dont l'Angleterre puisse se glorifier. On ignore si les deux associés ont pris une part égale aux essais de divers genres qui amenèrent la construction de la première grande machine à vapeur atmosphérique.

comme dans celle de Papin, dès que le piston est parvenu à l'extrémité de sa course ascendante, on condense la vapeur qui l'y avait poussé; on fait ainsi le vide dans toute la capacité qu'il vient de parcourir, et l'atmosphère le force alors à descendre. Papin avait annoncé qu'il fallait opérer la condensation par le froid; c'est par le froid que Newcomen, Cawley et Savery se débarrassent aussi de la vapeur qui contre-balancerait la pression atmosphérique. Entre plusieurs différentes constructions qu'on peut imaginer pour cela (ce sont les expressions contenues dans le *Recueil de pièces*, p. 53), les mécaniciens anglais en adoptèrent une, préférable de beaucoup dans une machine en grand, à celle que Papin avait lui-même employée dans les expériences faites avec son petit modèle. Au lieu d'enlever le feu, comme le pratiquait celui-ci, Newcomen, Cawley et Savery faisaient couler une abondante quantité d'eau froide dans l'espace annulaire compris entre les parois extérieures du corps de pompe et un second cylindre un peu plus grand qui lui servait d'enveloppe. Le refroidissement se communiquait ainsi peu à peu à toute l'épaisseur du métal, et atteignait bientôt la vapeur elle-même.

La machine de Papin, ainsi modifiée quant à la manière de refroidir la vapeur aqueuse, excita au plus haut point l'attention des propriétaires de mines, et sembla, dès le début, fournir une solution inespérée d'un problème dont les tentatives infructueuses de Savery avaient particulièrement montré la difficulté. Newcomen et Cawley sollicitaient une patente. Savery objecta qu'il était déjà en possession d'un privilége exclusif concernant le moyen de

produire le vide par le refroidissement de la vapeur. Pour éviter toute contestation, la patente fut prise au nom et au profit des trois compétiteurs, qui s'attribuèrent ainsi, dans le projet emprunté à Papin, les deux premiers, l'idée de la machine à vapeur à piston ; le troisième, celle de la condensation [1].

Au commencement du XVIII[e] siècle, l'art de construire de grands corps de pompe parfaitement cylindriques, l'art d'ajuster dans leur intérieur des pistons mobiles qui les fermassent hermétiquement, étaient très-peu avancés. Aussi, dans la machine de 1705, pour empêcher la vapeur de s'échapper par les interstices compris entre la surface du cylindre et les bords du piston, ce piston était-il constamment couvert à sa surface supérieure d'une couche d'eau qui pénétrait dans tous les vides et les remplissait. Un jour qu'une machine de cette espèce marchait sous les yeux des constructeurs, ils virent, avec une extrême surprise, le piston descendre, plusieurs fois

1. Dans les arts, comme dans les sciences, le dernier venu est censé avoir eu connaissance des travaux de ses devanciers ; toute déclaration négative à cet égard est sans valeur. La publication des Mémoires que Papin a écrits sur la machine atmosphérique, étant de beaucoup antérieure aux patentes de Savery et de Newcomen, je n'aurais aucun motif de rechercher si la machine anglaise est ou n'est pas une copie : dans la règle, elle est une copie, puisqu'elle ressemble à la machine de Papin et qu'elle est venue après. Mais on sait de plus, dans ce cas particulier, que Newcomen avait connaissance des projets de notre compatriote. Il résulte, en effet, de diverses notes trouvées dans les papiers de Hooke, que l'artiste de Darmouth avait consulté ce savant célèbre avant de se livrer à ses essais, et alors, dans les confidences de l'intimité, c'était bien la machine française qu'il voulait exécuter. (Voyez Robison, *a System*, etc., tome II, p. 58.)

de suite, beaucoup plus rapidement que de coutume. Cette vitesse leur parut d'autant plus étrange, que le refroidissement produit par le courant d'eau froide qui descendait extérieurement le long de la surface du corps de pompe, n'avait amené jusque-là la condensation de la vapeur intérieure qu'assez lentement. Après vérification il fut constaté que ce jour-là, c'était d'une tout autre manière que le phénomène s'opérait : le piston se trouvant accidentellement percé d'un petit trou, l'eau froide qui le recouvrait, tombait dans l'intérieur même du cylindre, par gouttelettes, à travers la vapeur, la refroidissait et dès lors la condensait plus rapidement.

Depuis cette époque, on a muni les machines atmosphériques d'une ouverture en pomme d'arrosoir; c'est de là que part la pluie d'eau froide qui se répand dans la capacité du cylindre et y condense la vapeur au moment où le piston doit descendre. Le refroidissement extérieur se trouve ainsi supprimé, et les va-et-vient sont beaucoup plus prompts. Cette importante amélioration, comme tant d'autres qu'on pourrait citer, fut le résultat d'un heureux hasard. Je regrette beaucoup de ne pouvoir point désigner ici celui des trois associés dont l'esprit inventif vit sur-le-champ, dans l'événement imprévu dont j'ai rendu compte, le principe d'un perfectionnement qu'on retrouve encore dans les machines d'aujourd'hui; mais la tradition ne nous a rien appris à cet égard.

§ 10.

1769. JAMES WATT [1].

Avant de commencer l'analyse des inventions de Watt, je devrais peut-être transcrire ici les titres des divers

1. James Watt naquit à Greenock, en Écosse, dans l'année 1736, de parents estimés, mais pauvres. L'extrême faiblesse de sa constitution semblait ne pas lui promettre un long avenir. Cette fâcheuse circonstance développa du moins en lui de très-bonne heure des habitudes de retraite et d'application sans lesquelles il est rare qu'on fasse de grandes choses. Le jeune Watt fréquenta jusqu'à seize ans une de ces écoles publiques et gratuites nommées en Écosse *grammar school*. Ensuite ses parents le placèrent en apprentissage dans un petit atelier où l'on exécutait des compas, des balances, quelques appareils de physique, des cadrans solaires et les divers ustensiles nécessaires pour la pêche; il y resta quatre ans. Plus tard enfin, Watt se rendit à Londres chez un fabricant d'instruments de mathématiques. Là, un travail particulier l'ayant retenu toute une journée d'hiver près de la porte de l'atelier, il fut pris d'un violent rhume dont les médecins ne purent pas le guérir complétement. Il résolut alors d'essayer les effets de l'air natal, retourna en Écosse et y forma un modeste établissement pour son propre compte. Dans l'année 1757, l'Université de Glasgow accorda à Watt, alors âgé de vingt et un ans, la charge de conservateur de sa collection de modèles. A ce titre on lui donna un logement dans le collége avec la permission d'y continuer son petit commerce. Robison était au nombre des étudiants de l'Université. Il se lia avec Watt, lui confia le projet qu'il avait conçu d'appliquer les machines à vapeur au mouvement des voitures, et l'engagea à s'occuper lui-même de leur perfectionnement. Quelques essais faits par l'artiste en 1759, en 1761 et en 1762, n'amenèrent point de résultat; mais en 1764 de nouvelles tentatives prirent beaucoup de consistance. Chargé, à titre de simple ouvrier, de réparer une machine de Newcomen qui faisait partie du cabinet de physique, Watt y trouva des défauts que la petitesse des dimensions de ce modèle rendait plus apparents, mais qui n'en devaient pas moins exister dans les grandes machines, quoiqu'on ne les y eût pas signalés. Telle est la date et l'origine des perfectionnements expliqués dans le paragraphe que je consacre à Watt dans l'histoire

brevets qu'il obtint pendant sa longue et glorieuse carrière. La lecture de ces titres montrerait nettement l'objet des améliorations importantes que cet illustre mécanicien introduisit successivement dans les machines de ses prédécesseurs; elle détromperait, d'autre part, ceux qui croient, sans aucun fondement, que la machine à feu

de la machine à vapeur. Plusieurs années s'écoulèrent cependant avant que Watt pût les soumettre à une épreuve décisive. En 1764, il quitta l'Université après s'être marié, et exerça quelque temps l'état de géomètre-arpenteur. Sa première machine améliorée ne fut exécutée qu'en 1768, mais sur d'assez grandes dimensions, car le corps de pompe avait 18 pouces anglais ($0^m.46$) de diamètre. Le docteur Roëbuck qui, par ses avances pécuniaires, avait fourni à Watt les moyens d'achever ce travail, fit établir la nouvelle machine à Kinnel, sur le puits d'une mine de charbon de terre appartenant au duc d'Hamilton; tous ces noms m'ont paru devoir être conservés: ils sont devenus historiques. Dans cette même année 1768, Watt demanda sa première patente; il ne l'obtint toutefois qu'en 1769. Enfin, Mathew Boulton de Birmingham devint son associé en 1773, après la retraite volontaire du docteur Roëbuck. La fortune de ce fabricant, l'étendue et l'activité de son esprit, les relations personnelles qu'il avait contractées avec une multitude d'individus appartenant à toutes les classes de la société, donnèrent à l'entreprise la plus vive impulsion. Le privilége concédé par la patente allait cependant expirer avant que la nouvelle fabrique de Soho eût donné des profits assurés. Boulton s'adresse à l'autorité, sollicite la coopération de ses nombreux amis, intéresse à ses projets la cour et la ville, et obtient du parlement, par ses nombreuses et judicieuses démarches, la prolongation du privilége primitif jusqu'à l'année 1800. A partir de cette époque (1775), l'association de Watt et Boulton prospéra au plus haut degré. La colline stérile de Soho, près de Birmingham, où l'œil du voyageur apercevait à peine la hutte d'un garde-chasse, se couvrit de beaux jardins, de somptueuses habitations et d'ateliers qui, soit par leur étendue, soit par l'importance et la perfection des ouvrages qu'on y exécutait, devinrent en peu de temps les premiers de l'Europe. Les découvertes de Watt étaient d'une application trop immédiate, trop populaire, pour que des titres académiques pussent rien ajouter à la renommée de ce grand mécanicien. Disons toutefois que les principales sociétés

employée de nos jours a été créée par un seul homme et d'un seul jet; mais le besoin d'abréger cette Notice me force d'entrer de suite en matière.

a. — *Du condenseur.*

Pour que la machine à feu atmosphérique, dite *machine de Newcomen,* produise de bons effets, il faut, 1° qu'à l'instant où le mouvement descendant du piston commence, il y ait dans toute la capacité inférieure du corps de pompe, le vide le plus parfait possible; 2° que pendant le mouvement ascendant, la vapeur qui se rend de la chaudière dans la même capacité, ne perde rien de la force élastique qu'elle avait acquise au prix de beaucoup de charbon.

savantes, celles d'Édinburgh et de Londres, par exemple, s'empressèrent de l'admettre parmi leurs membres. L'Institut de France, de son côté, le choisit dès 1808 pour un de ses correspondants et lui accorda en 1814 la plus belle récompense qu'il puisse décerner, en le nommant un de ses huit associés étrangers. Parvenu à un âge avancé, possesseur d'une brillante fortune, fruit de ses nobles et laborieux travaux, entouré de l'estime et du respect du monde entier, Watt quitta les affaires commerciales et se retira dans sa maison de Heatfield, près de Birmingham. Là, le patriarche de l'industrie britannique, toujours bienveillant, modeste et réservé, comme au temps où, dans sa jeunesse, il nettoyait les appareils de l'Université de Glasgow, coulait des jours paisibles dans la société d'un petit nombre d'amis. En 1817, Watt fit un voyage en Écosse. A son retour, sa santé s'affaiblit beaucoup. Enfin, il mourut le 25 août 1819, à la suite d'une courte maladie, et à l'âge de quatre-vingt-quatre ans. Plusieurs statues lui ont été élevées aux frais du public. Tout ce que l'Angleterre renferme de distingué, a mis l'empressement le plus honorable à se faire comprendre au nombre des souscripteurs. (Voir la Notice biographique détaillée consacrée à Watt, t. I des *OEuvres* et des *Notices biographiques*, p. 371 à 510.)

La première condition exige impérieusement qu'au moment de la condensation, l'eau d'injection aille refroidir les parois du corps de pompe. Sans cela, la vapeur qu'on veut anéantir conserverait un ressort considérable, et elle opposerait un grand obstacle au mouvement descendant du piston, mouvement que la pression atmosphérique doit déterminer. La seconde condition nécessite, au contraire, que les mêmes parois soient très-chaudes. En effet, la vapeur d'eau à 100° de température, ne conserve en arrivant dans un vase toute la force élastique qui lui est propre, qu'autant que les parois de ce vase sont ellesmêmes à 100°. Si la température des parois est moindre, la vapeur affluente perd aussitôt de sa chaleur primitive et une portion plus ou moins considérable de la densité ou de la force élastique qu'elle possédait. Ainsi, durant le mouvement descendant du piston, les parois du cylindre métallique qu'il parcourt, doivent être aussi froides que possible, si c'est dans ce cylindre que la condensation a lieu ; pendant le mouvement ascendant il serait très-utile, au contraire, que ces mêmes parois fussent à 100°.

Le refroidissement s'opère, assez simplement, en projetant l'eau d'injection non-seulement au milieu de la vapeur, mais encore sur les parois du cylindre. Quant à l'échauffement de ces parois qui doit suivre, comment l'obtenir de manière qu'il soit considérable et prompt ? La vapeur affluente elle-même produira bien à la longue l'échauffement désiré ; mais ce sera à la longue seulement, et dès lors les excursions ascendantes du piston étant fort lentes, la machine ne fera pas dans les vingt-quatre heures tout l'ouvrage sur lequel, sans ce genre d'obstacle,

on aurait pu compter. Remarquons d'ailleurs que la vapeur venant de la chaudière n'échauffe le corps de pompe qu'aux dépens de sa propre chaleur, ou qu'en se condensant en partie; or, la vapeur a un prix élevé, lors même que l'eau d'où elle provient ne coûte rien, car le combustible à l'aide duquel s'opère la transformation est toujours assez cher. Afin qu'on ne doute pas de la grande attention qu'il importe d'accorder à cette considération financière, je dirai que la quantité de vapeur employée ainsi pour échauffer les parois du corps de pompe, remplirait plusieurs fois la capacité qu'elles enceignent, en sorte que la dépense de vapeur, ou, ce qui revient au même, la dépense de combustible, ou, si on l'aime mieux encore, la dépense en argent nécessaire pour mettre la machine en jeu, serait plusieurs fois moindre, si l'on parvenait à faire disparaître la nécessité des échauffements et refroidissements successifs dont nous venons de parler. Tel est précisément le problème que Watt a résolu par une méthode qui permet de laisser toujours au corps de pompe sa température de 100°. Il lui a suffi pour cela :

« D'opérer la condensation de la vapeur dans un vase séparé, totalement distinct du corps de pompe, et ne communiquant avec lui qu'à l'aide d'un tube étroit. »

Expliquons cet ingénieux procédé, qui formera toujours le principal titre de Watt à la reconnaissance de la postérité.

S'il existe une libre communication entre un corps de pompe rempli de vapeur et un vase vide de vapeur et d'air, la vapeur du corps de pompe passera en partie et très-rapidement dans le vase : l'écoulement ne cessera

qu'au moment où l'élasticité sera la même partout. Supposons que le vase soit maintenu constamment froid dans toute sa capacité et dans son enveloppe, à l'aide d'une injection d'eau abondante et continuelle; alors toute la vapeur dont le corps de pompe était primitivement rempli viendra s'y anéantir successivement; ce corps de pompe se trouvera ainsi purgé de vapeur, sans que ses parois aient été le moins du monde refroidies, et la vapeur nouvelle, dont il pourra devenir nécessaire de le remplir un moment après, n'y perdra rien de son ressort.

Un vase, séparé ainsi d'un corps de pompe et dans lequel la vapeur de celui-ci vient de temps en temps se précipiter, s'appelle un *condenseur*. C'est la partie la plus précieuse des machines de Watt.

Le vase ou condenseur que nous venons de mettre en jeu, n'a entièrement absorbé la vapeur dont le corps de pompe était rempli, qu'à cause qu'il contenait de l'eau froide et que le reste de sa capacité se trouvait vide de fluides élastiques[1]. Après que la condensation de la vapeur s'y est opérée, ces deux conditions de réussite ont disparu : l'eau condensante s'est échauffée en absorbant tout le calorique de la vapeur; une quantité notable de vapeur s'est formée aux dépens de cette eau chaude; l'eau froide enfin contenait de l'air atmosphérique qui a dû se dégager pendant son échauffement. Si l'on n'enlevait pas, après

1. A la rigueur, un vase n'est jamais entièrement purgé de fluides élastiques tant qu'il contient de l'eau, car l'eau la plus froide dégage des vapeurs ; mais, lorsque le liquide d'injection n'a pas une température supérieure aux températures habituelles de l'atmosphère, on peut, dans la pratique, ne pas tenir compte de la vapeur qui en émane.

chaque opération, cette eau, cette vapeur, cet air que le condenseur renferme, il finirait par ne plus produire d'effet. Watt opère cette triple évacuation à l'aide d'une pompe ordinaire qu'on appelle *la pompe à air*, et dont le piston porte une tige convenablement attachée au balancier que la machine met en jeu. Quand on calcule les effets d'une machine à feu de Watt, il est donc nécessaire d'avoir égard à la portion de force qui est destinée à maintenir la pompe à air en mouvement. Cette déduction, au reste, n'est qu'une petite partie de la perte qu'amenait, dans l'ancienne méthode, la condensation de la vapeur sur les parois refroidies du corps de pompe [1].

1. On se fera une idée exacte de l'importance commerciale que l'invention du condenseur a eue, si l'on veut bien jeter les yeux sur le petit nombre de lignes qui suivent.

Pour accorder la permission de substituer leurs machines à celles dites de *Newcomen*, Watt et Boulton exigeaient la valeur « du tiers de la quantité de charbon dont chaque nouvelle machine, à égalité d'effet, procurait l'économie. » Une expérience préliminaire faite sur deux machines de l'une et de l'autre espèce, ayant précisément les mêmes dimensions, montra à combien l'économie s'élevait, pour mille oscillations du piston, par exemple. Une simple proportion donnait ensuite les droits à percevoir dès qu'on connaissait le nombre d'oscillations que la machine employée avait fait chaque mois. Watt et Boulton déterminaient ce nombre d'oscillations à l'aide d'une pièce d'horlogerie attachée au balancier et disposée de manière que chacun de ses mouvements avançait l'aiguille d'une division. Ce mécanisme ou *counter* était renfermé dans une boîte à deux clefs qu'on ouvrait à l'époque du règlement de comptes, en présence d'un agent des inventeurs et du directeur de la mine. Dans la mine de Chacewater, en Cornouailles, où trois machines étaient en jeu, les propriétaires rachetèrent le droit des inventeurs pour une somme annuelle de 60,000 fr., ce qui prouve que la substitution du condenseur, à l'injection qu'on opérait précédemment dans le corps de pompe, y avait procuré une économie de combustible de plus de 180,000 fr. par an.

### b. — *Machine à double effet.*

La machine atmosphérique, soit que l'injection d'eau froide s'opère au milieu du corps de pompe ou dans un condenseur séparé, n'a de force réelle que pendant le mouvement descendant du piston. C'est alors, et seulement alors, que le poids de l'atmosphère produit tout son effet. Durant l'oscillation ascendante, ce poids est contre-balancé par la pression de la vapeur qui pousse le piston de bas en haut. Le mouvement est alors uniquement déterminé par un contre-poids qui surpasse à peine le poids du piston, de la valeur du frottement qu'éprouve celui-ci sur les parois du corps de pompe. Cela n'est pas un inconvénient quand la machine à feu est employée à extraire l'eau qui inonde les mines. Le mouvement descendant du piston détermine, en effet, un mouvement de même sens dans l'extrémité du balancier auquel sa tige est attachée, et dès lors un mouvement ascendant à l'autre extrémité. Or, c'est pendant ce dernier mouvement que l'eau située verticalement sous cette seconde extrémité du balancier, est soulevée d'une quantité égale à l'excursion du piston du grand corps de pompe. Quand le piston de la pompe d'épuisement descend, quand il va se charger de nouveau de liquide, il est parfaitement inutile qu'il soit poussé vivement. La force qui servirait à cela serait de la force perdue. Qui n'a remarqué, l'analogie en effet est complète, que partout où l'on tire l'eau d'un puits, on laisse le seau descendre par son propre poids; que nulle part on n'a imaginé de produire ce mouvement descendant

par l'action du moteur? Ainsi, comme moyen d'épuisement, la machine atmosphérique est parfaite; ses intermittences d'action ne sont pas alors un défaut. Il n'en est pas de même du cas où cette machine est employée comme moteur. Les appareils, les outils qu'elle conduit, ont des mouvements très-rapides durant la course descendante du piston ; mais, pendant le mouvement ascendant, ils s'arrêtent ou ne continuent à agir qu'en vertu de la vitesse acquise. Une machine à feu qui aurait de la puissance pendant que s'exécutent les deux excursions opposées du piston, présenterait donc des avantages réels. Tel est l'objet de la machine inventée par Watt, et qu'on appelle *machine à double effet.*

Dans cette machine, l'atmosphère n'a plus d'action. Le corps de pompe est fermé dans le haut par un couvercle métallique, percé seulement à son centre d'une ouverture garnie d'étoupe grasse et bien serrée, à travers laquelle la tige cylindrique du piston se meut librement, sans pourtant donner passage à l'air ou à la vapeur. Le piston partage ainsi le corps de pompe en deux capacités fermées et distinctes. Quand il doit descendre, la vapeur de la chaudière arrive librement à la capacité supérieure par un tube convenablement disposé à cet effet, et pousse le piston de haut en bas comme le faisait l'atmosphère dans la machine atmosphérique. Ce mouvement n'éprouve pas d'obstacle, attendu que, pendant qu'il s'opère, le dessous du corps de pompe, mais ce dessous tout seul, est en communication avec le condenseur. Dès que le piston est entièrement descendu, les choses se trouvent complétement renversées par le simple mouve-

ment de deux robinets. Alors la vapeur que fournit la chaudière ne peut aller qu'au-dessous du piston qu'elle doit soulever, et la vapeur supérieure qui, l'instant d'avant, produisait le mouvement descendant, va se liquéfier dans le condenseur avec lequel elle est, à son tour, en libre communication. Le mouvement contraire des mêmes robinets replace toutes les pièces dans l'état primitif, dès que le piston est au haut de sa course. La machine marche ainsi indéfiniment, avec une puissance à peu près égale, soit que le piston monte, soit qu'il descende; mais, il importe de le remarquer, la dépense de vapeur est précisément double de celle qu'une machine atmosphérique ou à simple effet aurait occasionnée [1].

1. Papin, comme je l'ai dit plus haut, avait bien prévu en 1695, que les machines à feu ne seraient pas toujours exclusivement employées aux épuisements des mines. A cette époque, il avait déjà indiqué comment on pourrait lier la tige du piston à l'axe d'une roue tournante et transformer le mouvement rectiligne de va-et-vient de la tige en mouvement de rotation de la roue. Le défaut de continuité dans l'action de la machine atmosphérique attira aussi son attention. Pour empêcher que sa roue ne marchât par secousses trop brusques, il proposa d'agir sur l'axe à l'aide des tiges de deux ou même d'un plus grand nombre de pistons appartenant à des corps de pompe distincts et disposés de manière que, dans le cas de deux, par exemple, la tige du premier descendît pendant que celle de l'autre monterait, et réciproquement. Deux corps de pompes de machines atmosphériques ainsi combinées, produiraient exactement l'effet de la machine de Watt. La dépense de vapeur serait aussi précisément la même. L'idée de faire une machine à double effet à l'aide de deux corps de pompe distincts, fut présentée comme nouvelle, en 1779, par le docteur Falck.

c. — *Machine à détente.*

Dans la machine à double effet dont je viens de parler[1], le piston est alternativement poussé par la vapeur, de haut en bas et de bas en haut. Si la chaudière est en libre communication avec le corps de pompe pendant tout le temps que chacune de ces oscillations nécessite, le piston se trouvera soumis à l'action d'une force accélératrice constante; il arrivera donc à l'une et à l'autre extrémité du cylindre vertical qu'il parcourt, avec une vitesse très-grande et qui, sans produire aucun effet utile, contribuera à ébranler l'ensemble de l'appareil. Si, au contraire, les robinets adaptés aux deux tubes qui établissent la communication entre la chaudière et le corps de pompe ne demeurent pas ouverts pendant toute la durée des excursions du piston; s'ils se ferment, par exemple, chacun à leur tour, quand le piston est parvenu aux deux

1. D'après Partington, la machine à double effet construite par Watt pour les mines de Cornouailles (*Union mine*) est de la force de 250 chevaux; le diamètre du cylindre est de 1m.6; le poids de l'eau soulevé dans les pompes est de 37,000 kilogrammes; sous cette charge, le piston fait par minute 6 1/2 doubles excursions; chaque excursion est de 2m.28, d'où il résulte que le poids de 37,000 kilogrammes fait, dans une minute, un mouvement de 30 mètres. Le charbon de terre consumé est, par minute, d'environ 14 kilogrammes.

Dans la machine à double effet, il faut que les excursions verticales de la tige du piston puissent s'effectuer librement au travers du couvercle supérieur du corps de pompe, sans que pour cela l'air extérieur y pénètre au moment de la condensation, et sans qu'ensuite la vapeur s'échappe, quand elle vient agir de haut en bas. Dans ce but on se sert avec beaucoup de succès d'une boîte à étoupe bien graissée, dont l'invention appartient à Watt.

tiers de sa course, le tiers restant sera parcouru en vertu de la vitesse acquise, et surtout par l'action que la vapeur déjà introduite alors continuera à exercer. Cette action deviendra de moins en moins forte pendant ce dernier tiers du mouvement du piston, attendu que la vapeur se dilatera graduellement, et qu'à mesure qu'elle occupera des espaces de plus en plus grands, son élasticité, comme celle de tout autre gaz, diminuera. Dès lors il n'y aura plus de vitesse nuisible vers les deux limites des excursions du piston, et, ce qui est encore plus important, une moindre quantité de vapeur sera employée pour produire les mouvements désirés. Qui ne voit, en effet, que si le robinet était ouvert pendant toute la course du piston, l'injection détruirait chaque fois un volume de vapeur égal à celui du corps de pompe et d'une densité pareille à celle de la vapeur de la chaudière, tandis que si le robinet se ferme quand le piston est aux deux tiers de sa course, il entrera et il se détruira un tiers de vapeur de moins. Les mécaniciens ont cité des expériences d'après lesquelles il semblerait qu'en employant ainsi la détente de la vapeur, on peut économiser, à égalité d'effet, une quantité considérable de combustible; aussi rangent-ils la proposition que Watt a insérée à ce sujet dans sa première patente, au nombre des plus lumineuses dont l'industrie lui soit redevable. Il ne paraît pas cependant que, dans la plupart des machines sorties des ateliers de Soho, la détente ait été employée sur une grande échelle : on n'y a eu recours que pour rendre le mouvement du piston à peu près uniforme.

d. — *Enveloppe ou chemise du corps de pompe.*

Le condenseur isolé, la plus belle des inventions de Watt, a pour objet, comme on l'a vu plus haut, de laisser constamment le corps de pompe à la température de la vapeur, afin qu'elle ne s'y condense pas en partie quand elle arrive de la chaudière. Mais ce corps de pompe est en contact avec l'atmosphère sur toute l'étendue de ses parois extérieures. Il y aura donc sur ces parois, et, par suite, dans toute l'épaisseur du cylindre, un refroidissement continuel auquel la vapeur motrice devra pourvoir aux dépens de sa propre élasticité. Watt a proposé d'atténuer cet effet en enveloppant le corps de pompe dans un second cylindre. Une telle enveloppe, si elle est fermée en haut et en bas, empêchera qu'il ne se forme des courants d'air refroidissants, et ce sera déjà beaucoup de gagné. Mais on pourra de plus introduire de la vapeur dans l'espace annulaire compris entre les deux cylindres, et dès lors la température du corps de pompe proprement dit sera si peu différente de celle de la vapeur fournie par la chaudière, que, dans la pratique, on pourra les considérer comme étant parfaitement égales.

# CHAPITRE III

## MACHINES A HAUTE PRESSION

### § 1. — Machines à haute pression sans condensation. — Machines locomotives.

Les machines dont nous avons parlé jusqu'ici n'exigent pas que la vapeur qui les fait mouvoir exerce une pression supérieure à celle de l'atmosphère. Pour se débarrasser de la vapeur quand elle a agi, il suffit de la condenser. Cette opération nécessite l'emploi d'une abondante quantité d'eau froide; dans beaucoup de localités, c'est un inconvénient majeur. Quant aux machines locomotives propres à faire marcher des chariots sur des chemins de fer, on ne peut pas songer à les construire sur ce système. Elles devraient, en effet, porter avec elles non-seulement le charbon nécessaire à l'alimentation du foyer, non-seulement l'eau qui doit remplacer incessamment dans la chaudière celle qui est graduellement transformée en vapeur, mais encore une énorme quantité d'eau froide destinée à opérer la condensation. Une telle machine ne produirait pas de grands effets : elle pourrait à peine se traîner elle-même. Le besoin de se soustraire à la nécessité de la condensation de la vapeur, donne beaucoup de prix aux machines à haute pression.

Dans ces machines, quand la vapeur a poussé, par exemple, le piston de bas en haut, l'ouverture d'un robinet lui permet de s'échapper dans l'air. C'est la différence d'élasticité qui détermine cet écoulement; il cesse

donc dès que la pression de la vapeur intérieure ne surpasse plus celle de l'atmosphère. Ainsi le corps de pompe n'est pas entièrement vidé, comme dans le cas de l'injection. La vapeur qui après l'oscillation ascendante devra pousser le piston de haut en bas, aura donc à surmonter une résistance égale à la pression atmosphérique, avant de produire aucun effet utile. La même remarque s'applique à l'oscillation ascendante, car au moment où elle s'opère, le haut du corps de pompe renferme de la vapeur et ainsi de suite.

Papin est le premier qui ait construit une machine dans laquelle la vapeur à haute pression s'échappait dans l'atmosphère après avoir produit son effet. Cette machine était exclusivement destinée à élever de l'eau. Leupold, qui l'a fait connaître, en a décrit une du même genre en 1724, dans son *Theatrum Machin. hydraul.* Celle-ci était à piston et à balancier, mais à simple effet. Enfin, en 1802, MM. Trevithick et Vivian obtinrent, en Angleterre, une patente pour une machine à haute pression et à double effet, qui a été appliquée, soit par eux, soit par d'autres constructeurs, au mouvement des voitures sur des ornières en fer. Dans sa première patente de 1769, Watt s'était déjà réservé le droit, « pour le cas où l'eau froide serait rare, de faire marcher les machines à l'aide de la seule vapeur, laquelle pourrait s'échapper dans l'air après qu'elle aurait produit son effet; » mais il ne paraît pas qu'on ait jamais construit dans ses ateliers une seule machine sur ce principe.

§ 2. — Machines à haute pression et à condensation.

Il existe des machines à haute pression dans lesquelles on condense la vapeur après qu'elle a agi, comme dans les machines à pression simple. Les machines de cette espèce, les plus estimées, sont celles que M. Arthur Woolf a proposées en 1804; mais elles ne pourraient pas être appliquées aux appareils locomotifs. Dans les machines de cet ingénieur, la vapeur à haute élasticité venant directement de la chaudière, pénètre d'abord dans un premier corps de pompe, tantôt par-dessus et tantôt par-dessous, comme dans une machine à double effet. Seulement cette vapeur n'est pas condensée aussitôt qu'elle a amené le piston à l'une des deux extrémités de sa course; M. Woolf en tire encore un certain parti avant de l'anéantir; voici de quelle manière.

A côté du premier corps de pompe, il en existe un second de même hauteur environ, mais d'un plus grand diamètre. La partie supérieure du premier communique par un tuyau avec la partie inférieure du second, et réciproquement. Quand la vapeur a poussé le piston du premier cylindre jusqu'au bas de sa course, au moment précis où ce même piston commence à monter par l'action de la nouvelle vapeur, venant directement de la chaudière, qui le pousse de bas en haut, toute la vapeur dont le cylindre qu'il parcourt est rempli, et qui a déjà amené le premier mouvement descendant, se répand dans le second cylindre au-dessous de son piston et le pousse aussi de bas en haut. Ainsi, les deux pistons marchent dans le même sens. Dès que ce mouvement est achevé,

la vapeur dilatée qui occupe toute la capacité du grand cylindre, va se liquéfier dans un condenseur isolé. Une nouvelle quantité de vapeur venant de la chaudière se rend alors au-dessus du premier cylindre et pousse son piston de haut en bas. L'ancienne vapeur, dont tout le bas de ce cylindre était rempli à la suite du premier mouvement, passe en se dilatant au-dessus du piston du second cylindre et le force à descendre, en sorte que les deux pistons, encore cette fois, marchent dans le même sens. Si chaque piston porte une tige verticale, et si les deux tiges sont attachées à deux points du balancier situés du même côté de son centre de rotation, les oscillations que ce balancier éprouvera, s'opéreront en vertu des impulsions réunies des deux pistons; la même vapeur aura donc produit deux effets avant d'être condensée [1].

1. D'après Partington, dans la machine à double cylindre établie à la mine de Whealvor en 1815, le diamètre du grand cylindre est de $1^m.34$; la capacité du petit cylindre est le cinquième environ de celle du grand; l'étendue des excursions du piston est $2^m.75$. La machine conduit six pompes, et son effet moyen peut être évalué à 6,300,000 kilogrammes élevés à un mètre par boisseau de charbon (36 litres). Un laboureur qui travaille dix heures fait, terme moyen, par minute un travail correspondant à l'élévation de 516 kilogrammes à un mètre, ce qui correspond à 309,600 kilogrammes élevés à un mètre par jour. D'après ces données, avec la machine de Woolf, on ferait la journée de vingt hommes en brûlant un boisseau de charbon. En 1822, quand il publiait son ouvrage, Partington affirmait qu'il y avait en Angleterre 10,000 machines à feu au moins, exécutant un travail qui aurait exigé 200,000 chevaux.

On trouve dans une enquête dirigée par une commission de la chambre des communes que les machines à haute pression de Woolf peuvent moudre, terme moyen, 6 hectolitres 1/2 de blé par boisseau (36 litres) de charbon, et que les machines à basse pression de Watt ne donnent pas plus de 4 hectolitres 1/3 pour la même quantité de combustible.

Cette machine de Woolf est une véritable machine à détente, assez semblable à celle que M. Hornblower a décrite dans sa patente de 1781. On ne voit point *à priori* pourquoi la détente de la vapeur ne produirait pas, en l'opérant comme Watt l'avait proposé, dans un seul corps de pompe, autant d'effet qu'en suivant le système de Woolf. Des expériences publiées dans les Rapports mensuels des Mines de Cornouailles, semblent, il est vrai, très-favorables à ce système; mais elles n'obtiendront l'assentiment général qu'après qu'on les aura faites en rendant tout égal de part et d'autre, à l'exception du mode de dilatation de la vapeur.

## CHAPITRE IV

### BATEAUX A VAPEUR

L'application des machines à vapeur à la navigation est, de toutes les inventions des mécaniciens modernes, celle qui, dans certaines contrées, en Amérique, par exemple, semble devoir donner les plus importants résultats. Aussi la question de priorité a-t-elle été l'objet d'une controverse fort animée. Dès l'origine, on a mis la France hors de cause : le débat a paru ne devoir s'établir qu'entre les Anglais et les Américains du Nord. Ceux-ci attribuent l'application à Fulton. Les Anglais produisent les écrits, fort antérieurs, de Jonathan Hull et de Patrick Miller. L'argument est sans réplique contre Fulton; mais n'existe-t-il pas des ouvrages encore plus anciens que celui de Jonathan Hull, et dans lequel les idées de ce

mécanicien se trouveraient déjà consignées? Le lecteur va juger si mes recherches à cet égard ont été infructueuses.

L'ouvrage de Jonathan Hull est de 1737. Voici la traduction du titre : « Description et Figure d'une machine nouvellement inventée pour amener les navires et les vaisseaux dans les rades, les ports et les rivières, ou pour les en faire sortir contre le vent et la marée, ou par un temps calme; à l'occasion de laquelle S. M. Georges II a accordé des lettres-patentes au profit de l'auteur, qui en jouira l'espace de quatorze ans; par Jonathan Hull. »

Cet ouvrage renferme, 1° la figure et la description de deux roues à palettes placées sur l'arrière du bâtiment : l'auteur voulait substituer ces roues aux rames ordinaires; 2° la proposition de faire tourner les axes des roues à l'aide de la machine de Newcomen, alors bien connue, mais employée seulement, d'après les propres expressions de Hull, pour élever de l'eau à l'aide du feu. (*With wich, he* (Newcomen) *raises water by fire.*)

L'ouvrage de Patrick Miller parut à Edinburgh en 1787. On y trouve aussi la description des roues à palettes, considérées comme moyen de faire avancer les bateaux dans les canaux, et l'indication des essais auxquels l'auteur s'était livré pour faire tourner ces roues convenablement. Ce dernier article se termine par la remarque suivante : « J'ai quelque raison de croire que la force de la machine à vapeur peut être employée pour faire tourner les roues, de manière à leur donner un mouvement plus prompt et à augmenter conséquemment la vitesse du bateau. »

Voilà tout ce que les critiques anglais ont rapporté de plus précis et de plus ancien, dans les discussions qu'ils ont eues avec leurs antagonistes d'Amérique[1]. Je vais maintenant fournir aussi mon contingent.

L'ouvrage de Papin, que j'ai tant de fois cité, le *Recueil* de 1695, renferme textuellement ce qui suit, aux pages 57, 58, 59 et 60.

« Il serait trop long de rapporter ici de quelle manière cette invention (celle de la machine à vapeur atmosphérique) se pourrait appliquer à tirer l'eau des mines, à jeter des bombes, à ramer contre le vent... Je ne puis pourtant m'empêcher de remarquer combien cette force serait préférable à celle des galériens pour aller vite en mer. » Suit la critique des moteurs animés, qui occupent, dit l'auteur, un grand espace et consomment beaucoup, lors même qu'ils ne travaillent pas. Il remarque que ses tuyaux (ses corps de pompe) seraient moins embarrassants; « mais, comme ils ne pourraient pas, dit-il, commodément faire jouer des rames ordinaires, il faudrait employer des rames tournantes. » Papin rapporte qu'il a vu de semblables rames attachées à un essieu sur une barque du prince Robert, et que des chevaux les faisaient tourner. Quant à lui, comme c'est le mouvement de va-et-vient de son piston qu'il veut transformer en mouvement de rotation, voici comment il s'y prendrait : « Il faudrait que les manches des pistons fussent dentés pour tourner de petites roues dentées, affermies sur les essieux des rames. » Mais comme un piston ne fait aucun effort

1. Voyez le *Quarterly Review* pour 1818, t. XIX, p. 353 et 355.

utile dans le bas de sa course, pour que le mouvement de rotation soit continu, il imagine d'employer plusieurs corps de pompe dont les pistons marcheraient en sens contraires ; l'un commencerait à descendre quand un autre serait arrivé au bas de sa course, etc. « Mais on m'objectera peut-être, ajoute Papin, que les dents des manches des pistons (des crémaillères) étant engagées dans les dents des roues, devraient, en montant et en descendant, donner à l'essieu des mouvements opposés, et qu'ainsi les pistons montants empêcheraient le mouvement de ceux qui descendraient, ou ceux qui descendraient empêcheraient le mouvement de ceux qui devraient monter. Mais cette objection est facile à résoudre ; car c'est une chose fort ordinaire aux horlogers d'affermir des roues dentées sur des arbres ou essieux, en telle sorte qu'étant poussées vers un côté, elles font nécessairement tourner l'essieu avec elles ; mais vers le côté opposé, elles peuvent tourner librement sans donner aucun mouvement à l'essieu, qui peut ainsi avoir un mouvement tout opposé à celui desdites roues. Toute la plus grande difficulté ne consiste donc qu'à ériger une manufacture pour faire avec facilité des tuyaux légers, gros et égaux d'un bout à l'autre, etc. »

Papin a donc proposé, dans un ouvrage imprimé, de faire marcher les navires à l'aide de la machine à vapeur, 42 ans avant Jonathan Hull, qui est regardé en Angleterre comme l'inventeur.

Le procédé que Papin indique pour transformer le mouvement rectiligne du piston en un mouvement de rotation continu, n'est pas inférieur, je crois, à celui du

mécanicien anglais ; car, dans ce dernier, les roues attachées à l'axe principal et les roues à palettes, ne communiquent entre elles que par des cordes.

Les deux corps de pompe, agissant alternativement, dont Papin songea à se servir pour régulariser le mouvement des roues, ne sont pas tant à dédaigner qu'on pourrait le croire : M. Maudsley, l'un des plus habiles constructeurs qu'il y ait en Angleterre, les a employés récemment pour suppléer, sur plusieurs de ses grands bateaux, au volant, qui ne s'installe pas sans de grandes difficultés dans un espace resserré.

La substitution d'une roue à palettes aux rames ordinaires, n'appartient ni à Papin ni à Hull ; sans parler de la chaloupe du prince Robert, citée par le premier, nous trouverions dans des auteurs fort anciens des preuves évidentes de l'emploi des roues. Quant aux premières expériences exactes qui aient permis de juger des avantages relatifs de ces deux modes d'impulsion, elles ne remontent guère qu'à l'année 1699, et c'est à M. du Quet qu'on les doit[1]. (Voy. *Machines approuvées par l'Académie*, t. Ier.)

1. L'ouvrage de M. Robert Stuart (voyez page 83, 3e édition) renferme le passage suivant : « Jonathan Hull doit être cité honorablement pour avoir indiqué des roues à palettes mues par une machine à vapeur, comme un moyen de faire marcher les navires sans vent et sans voiles. Ce projet exigeait la transformation du mouvement rectiligne et alternatif de la tige du piston, en un mouvement de rotation. Hull montra qu'une manivelle coudée donnait une solution ingénieuse du problème. On voit aujourd'hui, avec raison, dans cette invention, l'origine de l'introduction des machines à vapeur dans les usines, comme moteurs de toutes les variétés possibles de mécanique. » Ainsi, dans l'opinion de M. Stuart, Jonathan Hull aurait le double mérite d'avoir inventé les bateaux à

En parlant des machines à vapeur en général, j'ai essayé de faire la part des inventeurs proprement dits et celle des ingénieurs qui, les premiers, les ont exécutées. Si nous suivons ici la même marche, nous trouverons :

Que M. Perier est le premier qui, en 1775, ait con-

vapeur et d'avoir montré que la machine à feu pouvait être substituée aux agents mécaniques employés jusque-là dans les manufactures de toute espèce. Je n'ai qu'une seule difficulté à opposer à ces conclusions : c'est que l'ouvrage de Papin, où se trouve l'idée des bateaux et celle d'un mouvement de rotation continu communiqué à une roue par une pompe à feu, a précédé de 42 ans celui de l'ingénieur Hull.

Un savant anglais de mes amis à qui je faisais part verbalement des résultats contenus dans cette Notice, me dit que si je les publiais jamais, il combattrait toutes mes assertions par des passages empruntés à des auteurs français. Ce serait, ajoutait-il en riant, une guerre de guillemets. En le priant de s'expliquer davantage, je découvris que les arguments qu'il doit m'opposer seront puisés, soit dans un article biographique sur Newcomen dû à un des plus illustres physiciens de notre époque, soit dans un rapport concernant les bateaux à vapeur, rédigé par le célèbre professeur de mécanique du Conservatoire et approuvé par l'Académie des sciences. Dans ces deux articles, je suis forcé de le reconnaître, les opinions des auteurs anglais sur les inventeurs de la machine à feu ont été adoptées sans réserve. L'objection a donc quelque gravité, mais elle ne me semble pas insoluble. En ce qui concerne la Notice sur Newcomen, je remarquerai d'abord qu'elle est évidemment calquée sur l'histoire de Robison; que l'écrivain distingué à qui on la doit, n'annonce nulle part qu'il ait fait à cette occasion des recherches particulières, qu'il ait consulté les sources originales. S'il avait cité Salomon de Caus, j'aurais sans doute des scrupules au sujet de l'importance qu'il m'a semblé juste d'accorder aux recherches de ce mécanicien français; mais son nom ne se trouve pas une seule fois dans l'article biographique, quoiqu'on y lise, en toutes lettres, ceux de Worcester et de Savery. De là je crois pouvoir conclure avec certitude, que les œuvres de Salomon de Caus, et je suppose même celles de Papin, étaient inconnues à mon savant confrère; son opinion ne saurait donc m'être opposée, car j'aurais le droit,

struit un bateau à vapeur (un ouvrage de M. Ducrest, imprimé en 1777, renferme la discussion des expériences auxquelles cet ingénieur avait assisté ; leur date est ainsi constatée authentiquement) ;

Que des essais sur une plus grande échelle furent faits en 1778, à Baume-les-Dames, par M. le marquis de Jouffroy ;

comme un ancien philosophe grec, d'en appeler de Philippe à Philippe mieux informé. Si je dois aborder ensuite la seconde objection, j'écarterai aisément l'autorité de l'Académie des sciences, en faisant remarquer que sa règle constante est de ne se prononcer que sur les conclusions des rapports qu'on lui présente. Les développements plus ou moins étendus qui ont accompagné ces conclusions, ne donnent lieu, de sa part, à aucune délibération : le rapporteur en est seul responsable. Or, le rapport très-détaillé concernant les bateaux a vapeur dont l'Académie entendit la lecture le 27 janvier 1823, se termine par des conclusions dans lesquelles je ne vois pas un seul mot qui ait trait aux inventeurs des machines à feu. L'Académie n'a donc rien décidé qu'on puisse m'opposer. Quant au texte même du rapport, j'y trouve, il est vrai, que les Anglais ont les premiers employé la force de la vapeur pour élever les eaux ; que Worcester est l'inventeur dont Savery développa les idées ; que c'est Jonathan Hull qui a songé à faire marcher les navires à l'aide de la machine à feu ; mais comme je n'y vois ni le nom de Salomon de Caus ni celui de Papin, quoique, bien ou mal, ils se fussent occupés de ces mêmes questions avant les mécaniciens anglais, j'aurais le droit de reproduire ici les réflexions que l'article de la *Biographie universelle* m'avait tout à l'heure suggérés. Au reste, des autorités, quelque respectables qu'elles puissent être, n'ont ici aucune importance. La question se réduit à savoir si les ouvrages dont je me suis étayé ont bien la date que je leur assigne et si mes extraits sont fidèles. Toutes les académies du monde auraient décidé, d'un commun accord, que Worcester a imaginé le premier de pousser l'eau par la force élastique de la vapeur, qu'il n'en resterait pas moins établi que l'idée appartient à Salomon de Caus, car 1615 a précédé 1663. Tant qu'on n'aura pas prouvé de même que l'année 1695 a a suivi 1736, Papin, malgré l'autorité de tous les rapports présents, passés et futurs, aura le mérite d'avoir proposé les bateaux à vapeur 42 ans avant Jonathan Hull, son compétiteur.

Qu'en 1781, M. de Jouffroy, passant de l'expérience à l'exécution, établit réellement sur la Saône un grand bateau du même genre qui n'avait pas moins de 46 mètres de long avec 4 à 5 mètres de large;

Que le ministère d'alors adressa à l'Académie des sciences, en 1783, le procès-verbal des résultats favorables donnés par ce bateau, dans la vue de décider si M. de Jouffroy avait droit au privilége exclusif qu'il réclamait [1] (MM. Borda et Perier furent nommés commissaires);

Que les essais faits en Angleterre par M. Miller, lord Stanhope et M. Symington sont d'une date bien postérieure (les premiers doivent être rapportés à l'année 1791, ceux de lord Stanhope à 1795, et l'expérience faite par Symington, dans un canal d'Écosse, à l'année 1801);

Qu'enfin les tentatives de MM. Livingston et Fulton, à Paris, n'étant que de 1803, elles pourraient d'autant moins donner des titres à l'invention, que Fulton avait eu, en Angleterre, une connaissance détaillée des essais de MM. Miller et Symington, et que plusieurs de ses compatriotes, M. Fitch, entre autres, s'étaient livrés sur cet objet à des expériences publiques dès l'année 1786. Disons toutefois que le premier bateau à vapeur auquel on n'ait pas renoncé après l'avoir essayé; que le premier qui ait été appliqué au transport des hommes et des marchandises, est celui que Fulton construisit à New-York

1. Le bateau essayé à Lyon renfermait deux machines à vapeur distinctes. Les événements de la Révolution française forcèrent M. de Jouffroy d'émigrer, et toutes ses tentatives ne purent avoir aucune suite.

en 1807, et qui fit le voyage de cette ville à Albany. En Angleterre, le premier bateau à vapeur qu'on y ait vu en activité pour les besoins du commerce et des voyageurs, date de 1812 seulement; il naviguait sur la Clyde et s'appelait *la Comète*. Le second date de 1813; il faisait la traversée de Yarmouth à Norwich.

## CHAPITRE V

### INVENTION DES PRINCIPAUX ORGANES DES MACHINES A VAPEUR

#### § 1. — Artifices qui donnent à la machine à vapeur la propriété de marcher d'elle-même et sans le secours d'aucun ouvrier.

Les premières machines de Newcomen exigeaient la présence constante d'une personne qui ouvrît ou fermât à propos alternativement divers robinets, tantôt pour introduire la vapeur aqueuse dans le corps de pompe, tantôt pour y amener l'eau destinée à la condenser. La tradition attribue à un enfant, nommé Humphry Potter, la première invention du mécanisme à l'aide duquel la machine elle-même tourne les robinets à l'instant convenable. On raconte que Potter, contrarié un jour de ne pouvoir pas aller jouer avec ses camarades, imagina d'attacher les extrémités de quelques ficelles aux manivelles des deux robinets qu'il devait ouvrir et fermer; les autres extrémités ayant été liées au balancier, les tractions que celui-ci occasionnait en montant ou en descendant, remplaçaient les efforts de la main. L'ingénieur Beighton perfectionna beaucoup cette première idée, en fixant verticalement au balancier une tringle de bois, nommée

en anglais *plug-frame*. Cette tringle était armée de différentes chevilles qui venaient presser, aux moments convenables déterminés par les excursions du balancier, les tiges des différentes soupapes. Le mécanisme de Beighton fut adopté par Watt avec quelques modifications avantageuses. Maintenant, la distribution de la vapeur dans les diverses parties du corps de pompe, s'opère par un moyen plus simple et qui a permis de renoncer entièrement au *plug-frame*, du moins dans les machines dont la force n'est pas excessive et qui sont destinées à faire tourner un axe. Ce moyen, dont je n'essaierai pas de donner ici une description qui, sans figures, serait peut-être inintelligible, s'appelle un *tiroir* ou *glissoir*. Une roue excentrique attachée à l'arbre que la machine doit faire tourner, imprime aux tiroirs deux mouvements opposés pendant chacune de ses révolutions ; ces deux mouvements suffisent pour amener successivement la vapeur de la chaudière au-dessus et au-dessous du piston, et pour fournir à celle qui a déjà agi, un écoulement convenable vers le condenseur.

Le mécanisme du tiroir et de son excentrique a été imaginé par M. Murray, de Leeds, en 1801.

Dans les machines à forte pression et à double effet, la vapeur se rend successivement dans le haut et dans le bas du corps de pompe, et lorsqu'elle a produit son effet, elle s'écoule dans l'atmosphère. Tout cela n'exige qu'un quart de tour d'un seul et même robinet, désigné par le nom de *robinet à quatre voies* ou *à quatre fins*. Cet appareil, extrêmement ingénieux, est également employé de nos jours dans toutes les grandes machines à colonne

u exécutées en Allemagne. C'est à Papin qu'on en doit ention : on le voit dans la machine à haute pression e mécanicien dont Leupold nous a conservé la figure, ans celle que Leupold lui-même a proposée plus tard, t-à-dire en 1724.

§ 2. — Manivelles et volants.

L Keane Fitzgerald publia dans les *Transactions phi-ohiques,* en 1758, p. 727 et suiv., la description d'un :édé propre à transformer le mouvement rectiligne de et-vient qu'éprouve le piston d'une machine à feu, n mouvement de rotation continu. Il se servait pour d'un système assez compliqué de roues dentées, ni lesquelles plusieurs devaient être à rochet. Jusque-la méthode de cet ingénieur rentre dans celle de in ; mais il avait imaginé, de plus, de joindre à son anisme un volant : c'est un moyen précieux de régu-ser le mouvement des machines à feu qui, de nos s, est généralement employé, et dont il est juste de e honneur à M. Keane Fitzgerald.

Tant que le mouvement oscillatoire du balancier d'une chine à feu ne se transmettait à un axe de rotation que l'intermédiaire de roues dentées, on était exposé à ruptures, très-fâcheuses en elles-mêmes et plus ore à cause des interruptions de travail qu'elles asionnaient. En 1778, M. Washbrough, de Bristol, posa d'opérer cette communication à l'aide d'une ma-elle coudée faisant corps avec l'axe tournant : c'était, nme on voit, se servir du moyen qui se trouve dans

tous les rouets des fileuses, dans toutes les roues des rémouleurs. Néanmoins une patente avait été prise, un privilége avait été concédé, et un artifice que tout le monde aurait pu employer quand le moteur était le pied d'un homme ou un courant d'eau, se trouvait interdit à l'ingénieur dont la machine marchait à l'aide de la vapeur. Afin de se soustraire à la redevance qu'il aurait dû payer à M. Washbrough pour chacune de ses machines, Watt se servit, jusqu'à l'expiration du brevet dont ce dernier était en possession, d'une communication de mouvement un peu différente; chez lui tout s'opérait à l'aide d'une roue dentée liée à l'axe tournant, qu'il appelait *la roue solaire*, parce que son centre demeurait fixe, et d'une autre roue également dentée, attachée à l'extrémité de la bielle du balancier, et que par opposition il nommait *la roue planétaire.* Il serait inutile de décrire ce mécanisme plus particulièrement, puisque Watt lui-même revint à la manivelle simple dès qu'il le put.

#### § 3. — Moyens de diriger verticalement la tige du piston et de la lier au balancier.

Dans la machine à simple effet de Newcomen ou de Watt, le balancier se terminait par un arc de cercle, et une chaîne flexible, attachée à l'extrémité de cet arc la plus éloignée du piston, était le seul moyen de communication de ces deux parties de l'appareil. Quand le piston descendait par la pression de l'atmosphère, il tirait le balancier; quand le piston remontait par l'action d'un contre-poids placé à l'extrémité opposée, c'était le balancier qui tirait le piston. Or, une chaîne, située entre deux

points, quelque flexible qu'elle soit, est toujours un excellent moyen d'opérer une traction; son emploi, dans la machine à simple effet, ne pouvait donc donner lieu à aucune difficulté.

Il n'en est pas ainsi de la machine à double effet. Dans son excursion descendante, le piston tire bien le balancier; mais dans le mouvement suivant, ou quand le balancier remonte, il doit être poussé de bas en haut : or, une chaîne flexible ne peut jamais servir à pousser. L'ancien mécanisme exigeait donc ici une modification.

La première qu'on ait employée consistait à denter la portion de la tige du piston qui reste toujours en dehors du corps de pompe, à en former une véritable crémaillère et à la faire engrener dans un arc circulaire également denté, fixé à l'extrémité du balancier. C'était ce que Papin avait proposé en 1695.

Plus tard, Watt imagina une méthode de beaucoup préférable, et qui maintenant est généralement adoptée partout où l'espace ne manque pas; c'est celle qu'on appelle *méthode du parallélogramme* ou du *mouvement parallèle*. Il me serait bien difficile d'en donner sans figures une description complète. Je me contenterai de dire qu'un parallélogramme aux quatre angles duquel se trouvent quatre tourillons, et qui, conséquemment, peut prendre toutes sortes de formes sans cesser d'être parallélogramme, est fixé par ses deux angles supérieurs au balancier de la machine; que la tige du piston est attachée à l'un des angles inférieurs, et que le quatrième angle est lié à une verge rigide, inextensible, et mobile autour d'un centre fixe. Quelle que puisse être la position

de ce centre, il suffit que le levier qui en part ait une longueur invariable, pour que le parallélogramme se déforme inévitablement durant les oscillations du balancier, pour qu'il soit tantôt rectangle et tantôt obliquangle. Mais, quand le centre auquel le levier aboutit est convenablement choisi (c'est en cela que la découverte de Watt consiste), l'angle du parallélogramme mobile et de forme variable auquel la tige du piston est attachée, ne quitte pas sensiblement la verticale pendant les oscillations du balancier. La tige du piston se trouve ainsi parfaitement dirigée, et sa communication avec le balancier ayant lieu par l'intermédiaire d'un système rigide, elle peut tout aussi bien tirer le balancier de haut en bas durant le mouvement descendant du piston, que le pousser de bas en haut quand le piston remonte.

Le parallélogramme articulé excite au plus haut degré l'attention des personnes qui voient pour la première fois marcher une machine à vapeur. Aux yeux du mécanicien exercé, il se présente comme un appareil d'une exécution facile, entièrement exempt de secousses, et susceptible d'une durée indéfinie. C'est incontestablement une des plus ingénieuses inventions de Watt. La patente dans laquelle elle se trouve décrite est du mois d'avril 1784.

### § 4. — Régulateur à force centrifuge.

Le tuyau qui, dans les machines de Watt, amène la vapeur de la chaudière dans le corps de pompe, renferme une plaque mince ou soupape semblable aux plaques qu'on adapte aux tuyaux de nos poêles. Dans une certaine

position, la plaque laisse l'ouverture du tuyau presque entièrement libre; dans une autre, le tuyau est tout à fait fermé; pour les positions intermédiaires, l'ouverture a des dimensions plus ou moins grandes suivant qu'on s'approche davantage des deux limites dont je viens de parler. Les mouvements de la plaque peuvent s'opérer à l'aide d'un axe qui se prolonge jusqu'à l'extérieur du tuyau.

Si la soupape est entièrement ouverte, la vapeur remplit le corps de pompe très-rapidement; si elle est presque fermée, il faut, au contraire, un temps assez long pour opérer l'écoulement de la même quantité de vapeur. Or, le nombre de secondes que les oscillations du piston exigent dépend évidemment de la rapidité avec laquelle la vapeur va le presser sur l'une ou l'autre de ses faces. La soupape tournante du tuyau donne donc, jusqu'à un certain point, le moyen de régulariser cette vitesse. Si l'axe qui la porte est terminé par un coude de manière à former à l'extérieur une manivelle, il suffira de la faire tourner dans un sens ou dans le sens contraire pour accélérer ou retarder les oscillations du piston. Il faudra, par exemple, que la manivelle monte si le piston va trop vite et qu'on veuille le retarder; qu'elle descende, au contraire, quand il va trop lentement. En adaptant à la machine une pièce qui doive nécessairement monter quand son mouvement s'accélère, et nécessairement descendre dès qu'il se ralentit, le problème se trouvera résolu, car il suffira de lier cette pièce d'une manière quelconque à la manivelle de la soupape. Tel est l'objet du mécanisme que Watt appelait le gouverneur (*governor*), et qu'on nomme plus généralement

aujourd'hui régulateur à force centrifuge. Cet appareil est formé d'un axe vertical que la machine fait tourner plus ou moins rapidement, suivant qu'elle marche elle-même plus ou moins vite. Sur l'extrémité supérieure de cet axe se trouve implanté un tourillon horizontal auquel deux tringles métalliques sont suspendues par des collets un peu libres, de manière qu'elles puissent s'écarter plus ou moins de la verticale. Chaque tringle porte dans le bas une grosse boule métallique. Quand l'axe vertical est mis en mouvement par la machine, les boules qui tournent avec lui s'en écartent jusqu'à une certaine limite, par l'effet de leur force centrifuge. Si le mouvement s'accélère, l'écartement devient plus fort; il diminue dès que le mouvement se ralentit. Les boules montent donc dans le premier cas, et elles descendent dans le second. Ces oscillations ascendantes et descendantes se communiquent par des leviers à la manivelle de la soupape tournante du tuyau qui fournit la vapeur, et tout changement trop considérable dans la vitesse de la machine se trouve ainsi prévenu.

Cet appareil, composé de tringles mobiles portant des boules, ce pendule conique (c'est le nom qu'on lui donnait autrefois) avait été employé fort anciennement comme régulateur dans les moulins à farine. On s'en était également servi pour régler l'ouverture de la vanne que traverse le liquide destiné à mettre une roue à augets en mouvement. Cette dernière application était exactement semblable, pour le but et pour les moyens, à celle que Watt en a faite à la machine à vapeur dans l'année 1784.

§ 5. — Soupape de sûreté.

Le feu placé sous les chaudières des grandes machines n'est jamais réglé avec assez d'uniformité pour qu'on puisse éviter de donner, de temps en temps, à la vapeur dont ces chaudières sont à moitié remplies, une force élastique supérieure à celle que la résistance de leurs parois surmonterait. Prévenir cet inconvénient et les dangereuses explosions qui en seraient la suite, tel est le but du petit appareil qu'on nomme avec raison une *soupape de sûreté.*

La soupape de sûreté a été inventée par Papin. Elle forme une partie essentielle de son digesteur, et l'on en trouve la description aux pages 6, 7, 8, 9 et 10 d'un petit ouvrage imprimé à Paris en 1682 sous le titre de *La Manière d'amollir les os*, etc., etc. [1]. Le mécanisme de Papin est précisément celui des soupapes de sûreté le

1. On trouve dans l'*Histoire de la machine à feu* de Robison, édition commentée par Watt, p. 48, le paragraphe que voici : « Le docteur Papin, Français, inventa vers ce temps-là (vers 1699), un moyen de dissoudre les os dans l'eau et autres matières animales solides, en les renfermant dans des vases parfaitement clos qu'il appelait *digesteurs.* Ces matières acquéraient ainsi un grand degré de chaleur. Je dois observer ici que Hooke, le plus subtil expérimentateur d'un siècle si fécond en recherches ingénieuses, avait trouvé longtemps auparavant, c'est-à-dire en 1684, que l'eau ne peut acquérir au delà d'une certaine température quand on la chauffe en plein air, et qu'aussitôt qu'elle commence à bouillir, elle marque toujours le même degré. » Pour que ce passage fût exact, il faudrait que *La Manière d'amollir les os* n'eût pas été publiée en 1682 ; mais comme 1682 est bien la véritable date de l'ouvrage de Papin, il faudra transformer le *longtemps auparavant* du docteur Robison, en *quelque temps après.* Les arguments empruntés à l'arithmétique sont irrésistibles.

plus généralement en usage aujourd'hui. Son principe d'ailleurs est très-simple.

On veut éviter qu'une chaudière éprouve jamais intérieurement des pressions trop fortes. Pour cela faire, on découpe circulairement une très-petite partie de sa paroi, et l'on couvre le trou qui en résulte avec une plaque bien dressée et mobile de dedans en dehors : c'est comme si la portion correspondante de la chaudière était devenue mobile elle-même. Supposons que le trou ait, par exemple, un centimètre carré de surface. Papin calcule alors ce qu'un centimètre carré de la chaudière éprouvera de pression quand l'élasticité de la vapeur y aura atteint la limite convenue ; on trouve ainsi de quel poids le bouchon doit être chargé, pour qu'il ne soit pas soulevé dans toutes les pressions inférieures à cette limite, et pour qu'il se soulève, au contraire, et donne un libre passage à la vapeur, dès que la limite en question est dépassée. Ce moyen présenterait quelques inconvénients si la soupape ayant une grande ouverture, la pression devait être un peu forte : les poids dont il faudrait alors la charger seraient très-considérables et d'un ajustement difficile ; aussi Papin préféra-t-il agir sur la plaque mobile par l'intermédiaire d'un levier. Un poids médiocre suffit alors pour contre-balancer les plus fortes pressions. Ce poids, suspendu successivement sur des entailles pratiquées le long du levier, à diverses distances du centre de rotation, comme le poids d'une romaine, procure des pressions variables et graduées parmi lesquelles le mécanicien adopte journellement celle qui convient le mieux au genre de travail qu'il veut exécuter.

Je suis entré dans tous ces détails concernant la soupape de sûreté de Papin, parce que ce petit appareil est d'une extrême importance; parce qu'il prévient en très-grande partie les accidents désastreux auxquels les explosions des chaudières donnaient inévitablement lieu avant son adoption; parce qu'enfin j'ai trouvé ainsi une nouvelle occasion de rendre à notre compatriote une justice qu'on lui a trop longtemps refusée [1].

A l'époque où des explosions de marmites autoclaves montrèrent qu'une soupape de sûreté ordinaire ne peut pas être confiée sans danger à des mains inexpérimentées, on songea à munir ces ustensiles d'une pièce qui dût agir inévitablement d'elle-même dès que la température serait devenue trop élevée. On fit choix pour cela de l'alliage connu des chimistes sous le nom de *métal fusible*, et qui est composé de bismuth, d'étain et de plomb. Une portion de cet alliage ajustée sur un trou fait à la marmite, se fondait et laissait le trou libre dès que la vapeur acquérait une élasticité, ou, ce qui est la même chose, une température trop forte. Depuis, ces plaques fusibles sont appliquées en France à toutes les chaudières des machines à haute pression : l'autorité en a imposé l'obligation. Le degré de fusibilité de la plaque, variable avec la propor-

1. Partington affirme, dans son intéressant ouvrage, que les premières machines de Savery avaient déjà une soupape de sûreté; mais c'est une erreur : la figure insérée dans le tome XXI des *Transactions philosophiques* n'en offre aucune trace. Au demeurant, cela serait vrai, que Papin n'en resterait pas moins le véritable inventeur, puisque sa description imprimée est de 1682, que la patente de Savery ne remonte qu'à 1698 et que le premier essai de sa machine devant la Société royale est de 1699. (*Trans.*, tome XXI, p. 288.)

tion des divers métaux qui entrent dans sa formation, est toujours réglé d'avance par l'élasticité sous laquelle le constructeur annonce que sa machine marchera.

## CHAPITRE VI

### RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Je n'ai parlé que des machines à vapeur éprouvées par une longue expérience. J'avais l'intention de consacrer quelques pages aux machines qui ne sont encore, pour ainsi dire, qu'en projet, telles que les machines à rotation immédiate, les machines à explosion de gaz hydrogène, les machines à gaz liquéfié, etc.; mais la trop grande étendue que cette Notice avait acquise m'a forcé de renoncer à mon projet. Par la même raison, j'ai supprimé aussi les considérations détaillées que je voulais exposer sur les meilleures formes des chaudières et des fourneaux; sur les causes présumées des explosions que les chaudières éprouvent si fréquemment; sur les effets les plus avantageux fournis par les machines les plus parfaites que l'on connaisse; sur ceux que des améliorations futures pourront donner un jour, à en juger par les connaissances qu'on a acquises depuis plusieurs années sur les propriétés de la vapeur, etc. Je me contenterai de présenter, en terminant mon étude historique sur l'invention de la machine à vapeur, un résumé succinct des diverses conséquences qui me paraissent en découler:

I

1615. Salomon de Caus est le premier qui ait songé à

se servir de la force élastique de la vapeur aqueuse, dans la construction d'une machine hydraulique propre à opérer des épuisements.

1690. C'est Papin qui a conçu la possibilité de faire une machine à vapeur aqueuse et à piston.

1690. C'est Papin qui a combiné le premier dans une même machine à feu et à piston, la force élastique de la vapeur d'eau avec la propriété dont cette vapeur jouit de se précipiter par le froid.

1705. Newcomen, Cawley et Savery, ont vu les premiers que, pour amener une précipitation prompte de la vapeur aqueuse, il fallait que l'eau d'injection se répandît sous forme de gouttelettes dans la masse même de cette vapeur.

1769. Watt a montré les immenses avantages économiques qu'on obtient en remplaçant la condensation qui s'opérait avant lui dans l'intérieur du corps de pompe, par la condensation dans un vase séparé.

1769. Watt a signalé le premier le parti qu'on pourrait tirer de la détente de la vapeur aqueuse.

II

1690. Papin a proposé le premier de se servir d'une machine à vapeur pour faire tourner un arbre ou une roue, et a donné, pour atteindre ce but, un mode particulier de transformation d'un mouvement rectiligne alternatif en un mouvement de rotation continu. Jusqu'à lui, les machines à feu avaient été considérées comme propres seulement à opérer des épuisements.

1690. Papin a proposé la première machine à feu à double effet, mais à deux corps de pompe.

1769. Watt a inventé la première machine à double effet et à un seul corps de pompe.

III

Avant 1710, Papin avait imaginé la première machine à vapeur à haute pression et sans condensation.

1724. Leupold a décrit la première machine de cette espèce à piston.

1801. Les premières machines à haute pression locomotives sont dues à MM. Trevithick et Vivian.

IV

1690. Papin doit être considéré comme le véritable inventeur des bateaux à vapeur.

V

Dans les pièces principales dont une machine à vapeur se compose :

1718. Beighton a inventé la tringle verticale, mobile avec le balancier, ou *plug-frame*, qui ouvre et ferme les soupapes dans les grandes machines.

1758. Fitzgerald s'est servi le premier d'un volant pour régulariser le mouvement de rotation communiqué à un axe par une machine à vapeur.

1778. Washbrough a employé la manivelle coudée pour transformer le mouvement rectiligne du piston en mouvement de rotation.

1784. Watt a imaginé le parallélogramme articulé.

1784. Watt a appliqué, avec beaucoup d'avantage, à ses diverses machines, le régulateur à force centrifuge, déjà connu avant lui.

1801. Murray a décrit et exécuté les premiers tiroirs ou glissoirs manœuvrés par un excentrique.

Avant 1710, Papin avait inventé les robinets à quatre voies, qui jouent un si grand rôle dans les machines à haute pression.

1682. Papin a inventé la soupape de sûreté.

## CHAPITRE VII

### EXAMEN DES OBSERVATIONS CRITIQUES DONT LA NOTICE PRÉCÉDENTE A ÉTÉ L'OBJET

La première édition de la *Notice historique* qu'on vient de lire remonte à 1828 (*Annuaire du Bureau des Longitudes pour* 1829). Alors les résultats de ce petit travail étaient, sous beaucoup de rapports, trop éloignés des idées généralement admises chez nos voisins d'outre-mer, pour que j'eusse pu me flatter qu'ils ne soulèveraient pas des objections. Les objections, en effet, ne se firent point attendre. D'abord timides et anonymes, elles se hasardèrent dans quelques coins inaperçus des journaux politiques. Bientôt cependant il se présenta un ingénieur, M. Ainger, qui les prit sous sa responsabilité, qui les réunit en faisceau, qui en composa une réfutation en forme. M. Ainger était peu connu dans le monde scientifique; son nom ne rappelait aucun de ces travaux qui

commandent la confiance ; j'avais donc toute raison de supposer que la réfutation de ma Notice, annoncée d'ailleurs avec beaucoup d'éclat, serait jugée sans partialité et d'après sa valeur réelle. Je crois qu'il n'en fut pas ainsi : le *Quarterly journal of the Royal Institution* s'empressa de lui ouvrir ses colonnes, de l'enrichir de nombreuses et jolies gravures ; plusieurs lectures publiques, dans les beaux salons d'*Albermarle street*, suppléèrent aux lenteurs inévitables de la presse ; ma défaite, enfin, imprimait-on de toute part, était complète, irrévocable, humiliante : je n'avais pas cité fidèlement ; mes figures fourmillaient d'inexactitudes; je m'étais abstenu, sciemment, de parler de plusieurs auteurs, tant anciens que modernes, dans lesquels les mécaniciens français avaient dû puiser leurs prétendues inventions, etc., etc. !!!

Je ne pensai pas devoir rester sous le coup d'imputations aussi graves; aussitôt que l'article de M. Ainger eut paru, je le réfutai. Mon antagoniste avait oublié les règles de la politesse la plus commune; j'eus la faiblesse de m'en irriter et de lui répondre avec une vivacité qui, toute provoquée qu'elle était, ne pouvait convenir à l'*Annuaire du Bureau des Longitudes.* Aucun autre moyen naturel de publication ne s'étant offert à moi, pour le moment, je jetai mon manuscrit dans un carton d'où probablement il ne serait jamais sorti, sans la circonstance singulière dont je vais rendre compte.

J'allais mettre le *bon à tirer* sur la dernière feuille de la troisième édition de ma Notice, dans l'*Annuaire* de 1837, lorsque je reçus du docteur Mease, de Philadelphie, un article relatif aux machines à vapeur, faisant partie de

l'édition américaine de l'*Encyclopédie du docteur Brewster*. Cet article renferme, sans aucune réflexion critique, une partie du Mémoire de M. Ainger ; mais, dans la lettre manuscrite qui l'accompagnait, M. Mease exprime le regret de n'avoir pu se procurer ma réponse, et s'engage à la donner dans un supplément dès qu'elle lui parviendra. Une personne éclairée et bienveillante à mon égard, trompée par le ton d'assurance de M. Ainger, a donc pu attribuer quelque valeur à ses arguments. J'avoue que je ne le croyais pas possible ; j'avoue que je me reposais avec confiance sur ces quelques paroles que m'adressait, en 1834, un savant anglais que tout le monde prendrait pour juge en pareille matière : « Ce que vous avez voulu établir dans votre histoire des machines à vapeur, est à mes yeux prouvé mathématiquement. » Mais, puisque cette conviction n'existe pas encore de l'autre côté de l'Atlantique, je me décide, dans l'intérêt des sciences, comme aussi, pourquoi ne l'avouerais-je pas, dans l'intérêt de la gloire nationale, à exhumer un écrit que j'avais condamné à l'oubli. Je le donne, au surplus, tel qu'il fut composé en 1829, sauf quelques modifications de forme dont je viens d'indiquer les motifs. Je crains même, à vrai dire, que ces modifications n'aient pas été assez nombreuses, et qu'il ne soit resté çà et là plus d'un indice de la vivacité de ma première rédaction ; mais le temps m'a manqué pour faire d'autres changements.

Les critiques de M. Ainger sont de deux sortes. Dans les premières, il me reproche une foule de prétendues erreurs dont j'aurais pu me rendre coupable sans que le fond de la question se trouvât changé le moins du monde.

Les autres sont plus sérieuses, car si M. Ainger avait raison, j'aurais eu moi le plus grand tort de mêler des noms français à l'histoire de la machine à feu ; celles-ci exigeront un examen minutieux. Disons d'abord quelques mots des critiques de détail.

« Ma Notice a excité, dit M. Ainger, plus d'attention qu'un sujet aussi vulgaire ne semblait le comporter... Cette attention extraordinaire s'explique par le dernier paragraphe de la préface de M. Arago. »

Un auteur n'est pas responsable de l'attention, bien ou mal fondée, que le public daigne accorder à ses œuvres; ainsi j'aurais pu ne pas noter l'explosion de mauvaise humeur de mon critique, si elle ne me fournissait une occasion, la seule peut-être que je trouverai dans ce chapitre, de me rapprocher de son avis. D'ailleurs le témoignage qu'il a bien voulu me transmettre de l'indulgence du public, expliquera le prix que je mets aujourd'hui à prouver qu'à défaut de tout autre mérite, ma Notice ne renfermait rien d'inexact.

Suivant M. Ainger, « j'ai accusé tous (*all*) les auteurs anglais, un seul excepté, d'avoir sacrifié la vérité à des préjugés nationaux. » Cette assertion n'a aucun fondement; je n'en veux pour preuve que ce seul passage : « Lorsque MM. Thomas Young, Robison, Partington, Tredgold, Millington, Nicholson, Lardner, etc., présentaient le marquis de Worcester comme l'inventeur de la machine à feu, l'ouvrage de Salomon de Caus leur était sans doute inconnu. » Si l'on ne croyait pas à la sincérité de cette déclaration, je ferais remarquer que dans les sept noms qu'on vient de lire, se trouve celui d'un

savant illustre (Thomas Young) qu'une mort prématurée a enlevé aux sciences, et dont j'ai eu l'avantage d'être l'ami durant un grand nombre d'années.

Ainsi je n'ai pas dit, ainsi je n'ai pas pu dire que *tous* les auteurs anglais, M. Stuart excepté, avaient sciemment altéré la vérité; le lecteur jugera lui-même dans un moment si, d'autre part, tous ces mêmes auteurs ont fait preuve d'impartialité.

D'après M. Ainger, la figure qui, dans ma Notice, accompagne la description empruntée à Salomon de Caus, d'une machine propre à élever de l'eau par l'action du feu, est inexacte. Avant de répondre, je placerai ici la copie trait pour trait (fig. 6, p. 86) du dessin original de Salomon de Caus.

Que le lecteur veuille bien maintenant consentir à écouter les critiques de M. Ainger. Selon lui, le tube d'ascension et le petit entonnoir servant à introduire le liquide dans la boule métallique, seraient l'un et l'autre trop longs dans la figure primitivement donnée (voir fig. 3, p. 15). Une seconde altération consisterait dans la suppression de la nappe liquide épanouie qui termine le jet ascendant.

J'avoue que n'ayant aucun argument à présenter sur la longueur de ces tubes, je n'avais point recommandé à la personne qui a copié la première figure, de conserver les proportions du dessin original. Quant à la nappe d'eau, le graveur l'avait supprimée pour simplifier son travail. M. Ainger aurait même pu ajouter qu'il n'avait pas figuré l'eau dans la boule, et que les bûches enflammées, placées au-dessous, ne ressemblaient pas parfaitement à

celles de Salomon de Caus. Je lui recommande ces observations si sa brochure arrive à une seconde édition.

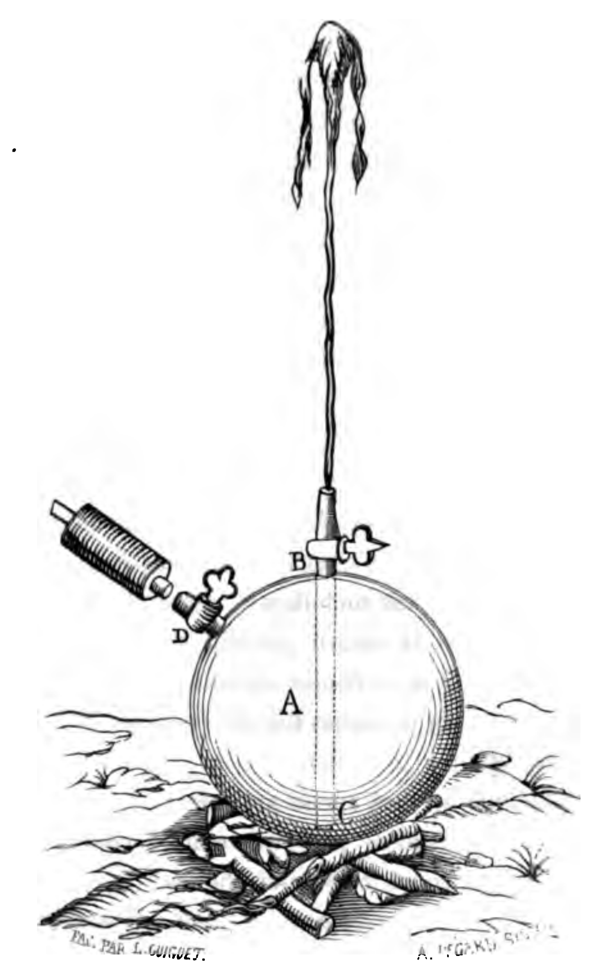



Fig. 6. — Fac-simile du dessin de la machine de Salomon de Caus.

L'extrême futilité des critiques dont je viens de parler ne doit pas m'empêcher d'ajouter une courte remarque :

je n'ai annoncé nulle part, ni pour la figure d'Héron (fig. 2, p. 8), ni pour celle de Salomon de Caus (fig. 3, p. 15), qu'elles fussent copiées minutieusement et dans des proportions géométriquement exactes; ainsi M. Ainger s'exposait à des observations sévères quand il disait : « M. Arago donne la figure comme extraite du même ouvrage (celui de Salomon de Caus). »

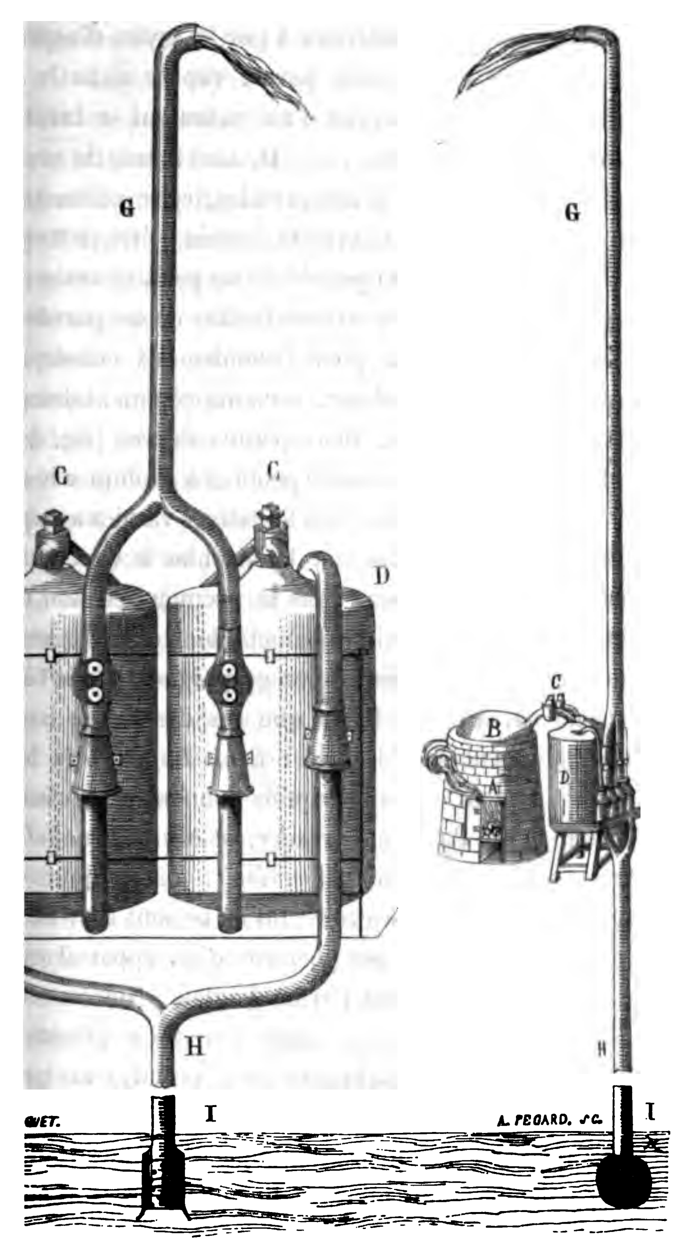
En voyant à l'article Savery que M. Ainger revient une seconde fois sur cet allongement du tube, qu'il le présente comme une altération importante et faite à dessein, j'ai eu la curiosité de porter successivement un compas sur le tube de la figure 3 des premières éditions de cette Notice (voir ci-dessus, p. 15), et sur le jet liquide qu'on voit dans celle de Salomon de Caus (fig. 6) ; or, il arrive que le jet est de près de trois fois plus long que le tube. Ainsi M. Ainger se trouve dans cette alternative, ou de rétracter ses outrageantes insinuations, ou de soutenir que la force en vertu de laquelle un jet d'eau s'élance dans l'air ne porterait pas le liquide à la même hauteur le long d'un tuyau. Je l'engagerai, charitablement, à ne faire son choix à cet égard qu'après avoir consulté un traité d'hydraulique.

Cet allongement du tube paraît avoir été aux yeux de M. Ainger un vrai coup de fortune. Il l'exploite de toutes les manières; il n'en aurait pas retranché un millimètre pour un trésor, et cependant le tout avait fini par lui paraître bien long, puisqu'il déclare que les deux tubes sont indéfiniment allongés (*indefinitely elongate*). Je viens de dire que le tube est moins long que le jet de l'original; aussi, quelque malveillance qu'on puisse avoir, il faut reconnaître que le changement, si changement il y

a, n'a pas été fait dans la vue d'ajouter à la puissance de la machine. Si j'avais cru devoir insister sur les grandes hauteurs auxquelles la vapeur dans l'appareil de Caus pourrait élever l'eau, je les aurais trouvées non pas sur une figure sans échelle, mais bien dans cette phrase, déjà citée : « La violence est grande quand l'eau s'exhale en air par le moyen du feu... il est certain que si l'on met ladite balle (une balle de cuivre contenant de l'eau) sur un grand feu, en sorte qu'elle devienne trop chaude, il se fera une compression si violente, que la balle crèvera en pièces. »

J'avais pensé, en écrivant l'histoire de la machine à feu, que le meilleur moyen de ménager l'attention du lecteur, serait d'indiquer, pas à pas, en quoi chaque nouveau projet améliorait la machine déjà existante. C'est ainsi, par exemple, que j'ai analysé tous les perfectionnements apportés par Savery à la machine de Salomon de Caus. Cette méthode paraît avoir singulièrement déplu à M. Ainger; expliquer la machine de Savery et l'expliquer clairement sans avoir besoin d'en donner la figure, est à ses yeux un vrai scandale; au reste, il ne dit, ni que la description soit inexacte (voir p. 34), ni qu'elle lui paraisse insuffisante : le péché par omission qu'il me reproche a donc été seulement relevé pour faire nombre.

Au surplus, le lecteur peut juger par la figure suivante, copiée sur celle de Savery, que ma description était très-suffisante (fig. 7 et 8) ; en A on aperçoit le fourneau, en B la chaudière, en C deux robinets qui, tournés tour à tour, conduisent la vapeur successivement dans chacun des vases D ; ces deux vases D reçoivent vers le bas l'eau




7. — Fac-simile du dessin de la machine de Savery (vue de face).

Fig. 8. — Fac-simile du dessin de la machine de Savery (vue de côté).

qui vient du niveau inférieur I par le tuyau d'aspiration H ; cette eau est refoulée par la vapeur dans le tuyau d'ascension G ; ces tuyaux d'ascension qui se bifurquent pour se rendre dans les vases D, sont munis de soupapes dont le jeu est facile à comprendre, et de robinets pour le cas où les soupapes auraient besoin d'être nettoyées.

Si quelqu'un avait la pensée de ne point circonscrire sa responsabilité dans les strictes limites de ses paroles ; s'il était assez imprudent pour l'étendre aux conséquences qu'on pourrait en déduire, certains commentateurs l'en feraient bien repentir. Deux petites figures (fig. 4 et 5, p. 24 et 26) m'ayant semblé propres à expliquer les idées qui dirigèrent Papin dans les tentatives variées auxquelles il se livra avant d'imaginer la machine à vapeur atmosphérique, je les plaçai dans la première édition de ma Notice, en tête des raisonnements dont elles étaient, en quelque sorte, la représentation graphique. Que fait à cette occasion M. Ainger? Il dit que ces dessins se trouvant immédiatement sous le titre : *Denis Papin*, « le lecteur conséquemment en conclut qu'ils donnent les portraits de l'invention de Papin (*the reader, of course concludes are the portraits of Papin's invention*) ; mais, ajoute-t-il, on aura de la peine à croire qu'ils ne sont rien de semblable ; qu'ils offrent les portraits d'un appareil exécuté quinze années plus tard par un Anglais, Newcomen. »

Ma réponse sera bien simple : en thèse générale, je n'accepte pas les conclusions qu'il prendra au premier venu de tirer de mes paroles ; je ne me sentirais pas de force à résister à ce genre d'attaque ; j'ajouterai, dans ce cas particulier, que n'ayant dit nulle part : « Les deux

petites figures dont je me sers sont tirées des ouvrages de Papin », il devrait m'importer peu d'entendre mon critique s'écrier qu'elles ne s'y trouvent pas; mais j'ai parfaitement le droit de soutenir qu'elles y sont, car la machine dans laquelle Papin proposait de faire le vide sous le piston à l'aide d'une roue hydraulique éloignée (fig. 9, p. 92), n'est autre chose que celle dont j'ai donné le trait, sauf cette unique modification que la soupape ou plutôt le robinet destiné à laisser rentrer l'air, au lieu d'être situé sur la plaque métallique qui supporte le corps de pompe, comme dans mon dessin, est de côté, à l'extrémité d'un petit tuyau horizontal, aboutissant au fond de ce même corps de pompe. Si, profitant du peu d'habitude que les lecteurs d'un journal peuvent avoir des artifices des mécaniciens, M. Ainger a prétendu faire croire qu'un tel déplacement de la soupape ou robinet avait été fait dans la vue d'améliorer le projet de Papin, je ferai remarquer que jamais dans les machines modernes la soupape n'est au fond du corps de pompe; que toujours, comme dans le véritable dessin que je reproduis ici (fig. 9), elle se trouve sur le tuyau à peu près horizontal qui amène la vapeur motrice.

Pour qu'on ne puisse avoir aucun doute sur la connaissance approfondie qu'avait Papin des divers moyens mécaniques nécessaires pour faire marcher la machine dont j'ai seulement résumé le principe, je donnerai la description textuelle faite par Papin lui-même de sa machine propre à transporter fort loin la force mouvante des rivières et tirer l'eau des mines. Cette description a paru en latin dans les *Actes de Leipzig* de 1688; il en a donné

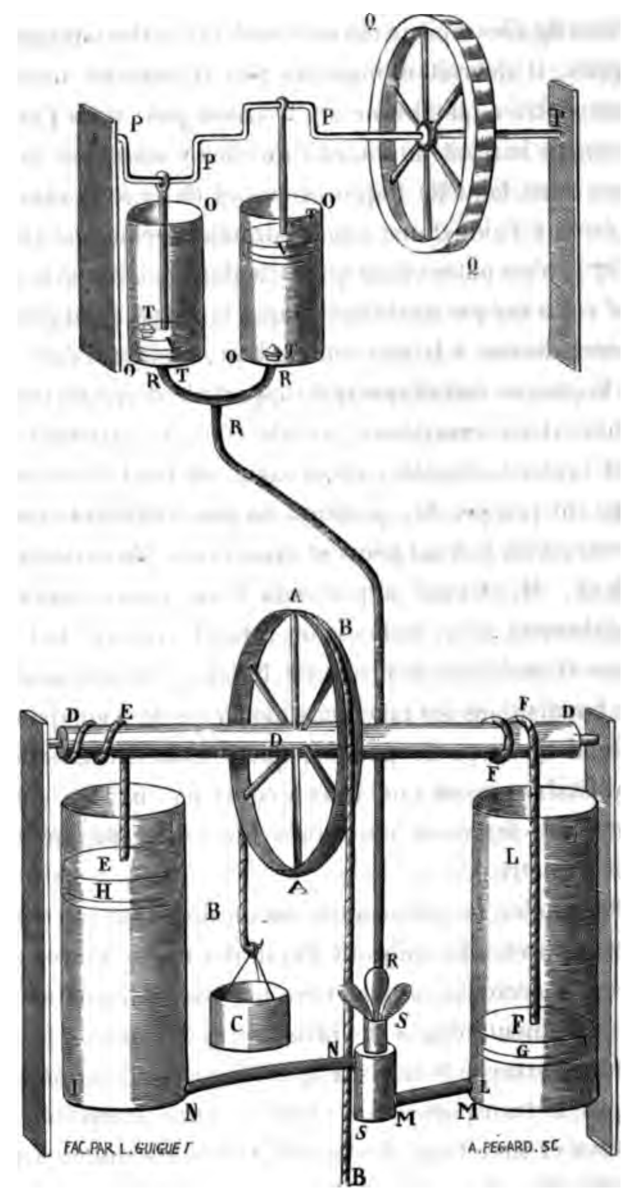



Fig. 9. — Machine hydraulique de Papin pour transporter fort loin la force mouvante des rivières.

la traduction en français dans le *Recueil de diverses pièces touchant quelques nouvelles machines*, publié à Cassel en 1695. C'est cette traduction que je copie :

« Qu'on fasse, dit Papin, une grande roue comme AA (fig. 9), et qu'on la place à l'ouverture de la mine : en telle sorte que la corde BBB, passant sur ladite roue, fasse monter et descendre l'un après l'autre deux seaux, dont l'un est ici marqué C, et qui, étant attachés aux deux bouts de ladite corde, doivent nécessairement avoir toujours des mouvements opposés, l'un en haut et l'autre bas. Par le centre de la roue AA, doit passer l'essieu DDD, et y être bien affermi; et sur cet essieu doivent passer deux cordes EE, FF, de telle manière que les deux pistons GH, attachés au bas de ces cordes, ne puissent aussi monter ni descendre que l'un après l'autre, et que quand l'un descend l'autre doive nécessairement monter. Il faut concevoir ces pistons exactement ajustés aux tuyaux IILL : ainsi il est manifeste que si par le tuyau MM, par exemple, on tire l'air du tuyau LL, il faudra que le piston G soit pressé en bas avec beaucoup de force par l'air extérieur qui pèse dessus : et qu'ainsi il fasse tourner l'essieu et la roue AA, par le moyen de la corde FF : ce qui fera monter le piston H et le seau C, qu'on pourra vider de l'eau ou des autres matières qu'il aura apportées du fond de la mine : et comme il se trouvera que le piston H sera en même temps parvenu en haut du tuyau II, on pourra incontinent tirer l'air dudit tuyau II par le tuyau NN, et ainsi le piston H, à son tour poussé en bas et fera monter le piston opposé G avec le seau attaché à l'autre bout de la corde BBB, et les

matières dont il sera rempli. Il faut seulement avoir soin que l'air extérieur ait l'entrée libre au-dessous du piston qui monte; car autrement le piston opposé ne pourrait le tirer en haut : mais moyennant que cela se fasse et qu'on continue de tirer ainsi l'air de dessous les pistons l'un après l'autre, il est certain que l'on pourra venir à bout de ce que l'on prétend. Il ne me reste donc que de faire voir comment une rivière fort éloignée pourra tirer l'air de dessous les pistons.

« Qu'on fasse deux pompes OO, OO, dont les pistons VV doivent monter et descendre l'un après l'autre, quand on fait tourner l'essieu PPPP, et que sur cet essieu soit affermie la roue QQ qui doit être mise en mouvement par le courant de quelque rivière : il est manifeste que si les pompes OO, OO, avec leurs pistons, sont garnies de soupapes de même que les pompes aspirantes le sont d'ordinaire, elles devront nécessairement tirer continuellement l'air par le tuyau RRRR et le robinet SS; or il est facile de faire ledit robinet SS, en telle sorte qu'en tournant la clef comme il faut, l'on fera deux effets en même temps : l'un sera d'ouvrir l'entrée à l'air extérieur, au-dessous du piston qui doit monter; l'autre sera de faire que la communication avec le tuyau RRR soit ouverte au-dessous du piston qui doit descendre, et qu'elle soit fermée au-dessous du piston qui doit monter : ainsi donc on viendra facilement à bout de faire que lorsque le piston G, par exemple, est prêt à descendre du haut du tuyau LL, l'air extérieur n'aura point d'entrée au-dessous de ce piston, mais il y aura une communication libre par le tuyau MM et le robinet SS, jusques au tuyau RR:

mais qu'au contraire au-dessous du piston H l'air extérieur entrera librement, et la communication avec le tuyau RR sera absolument fermée. Mais quand ce sera le piston H qui devra descendre, on pourra, en retournant la clef du robinet, faire que les trous, qui auparavant étaient ouverts, se trouveront fermés, et qu'au contraire, ceux qui étaient fermés se trouveront ouverts : et qu'ainsi nous produirons l'effet prétendu.

« On pourrait trouver quelque manière de faire que la machine elle-même tournât le robinet dans le temps qu'il faudrait; mais je crois qu'il vaudrait mieux avoir un homme qui eût soin de faire cela, et de vider les seaux à mesure qu'ils arriveraient à l'ouverture de la mine. »

« M. Arago, dit M. Ainger, donne six pages de description de cet appareil (celui de Papin), dans lequel il amène la vapeur d'une chaudière dans le cylindre à travers la soupape S (celle de la plaque inférieure, voir fig. 4, p. 24). » Je suis vraiment fâché que mon antagoniste me mette si souvent dans le cas de lui répondre par de simples dénégations; mais en vérité je ne puis pas admettre sa version, puisque j'ai dit : « L'eau qui fournissait la vapeur, dans ces premiers essais, n'était pas contenue dans une chaudière séparée; elle avait été déposée dans le corps de pompe, sur la plaque métallique qui le bouchait par le bas (voir plus haut, p. 29). » Dans tout le reste du paragraphe consacré à Papin, il n'est plus question de la production de la vapeur.

Voici du reste la description même, avec le fac-simile du dessin (fig. 10, p. 97) de la machine à vapeur de Papin; elle a paru en latin dans les *Actes de Leipzig* pour 1690;

j'emprunte le texte qui suit à la traduction de cette description donnée dans le *Recueil de machines* de 1695. Le lecteur ayant désormais sous les yeux, non plus un extrait mais le texte entier de la description de Papin, nul ne se laissera plus prendre aux critiques de nouveaux Ainger :

« On a fait divers essais pour tâcher de faire un vide exact par le moyen de la poudre à canon : car de cette façon, n'y ayant aucun air pour résister au-dessous du piston, toute la colonne de l'atmosphère qui pèse dessus la pousserait toujours avec une force égale depuis le haut jusqu'au bas. Mais ç'a été en vain qu'on a travaillé à cela jusqu'ici : et comme j'ai déjà dit, après que la flamme de la poudre est éteinte, il reste toujours près de la cinquième partie de l'air dans le tuyau. J'ai donc tâché d'en venir à bout d'une autre manière : et (comme l'eau a la propriété, étant par le feu changée en vapeurs, de faire ressort comme l'air, et ensuite de se recondenser si bien par le froid, qu'il ne lui reste plus aucune apparence de cette force de ressort), j'ai cru qu'il ne serait pas difficile de faire des machines dans lesquelles, par le moyen d'une chaleur médiocre et à peu de frais, l'eau ferait ce vide parfait qu'on a inutilement cherché par le moyen de la poudre à canon : et entre plusieurs différentes constructions qu'on peut imaginer pour cela, celle-ci m'a paru la meilleure. AA (fig. 10) est un tuyau égal d'un bout à l'autre et bien fermé par en bas : BB est un piston ajusté à ce tuyau : DD est le manche attaché au piston : EE une verge de fer qui se peut mouvoir autour d'un axe qui est en F.

« G est un ressort qui presse la verge de fer EE, en

[q]u'elle entre dans l'échancrure H, sitôt que le pis-
[av]ec son manche est élevé assez haut pour que ladite
[échanc]rure H paraisse au-dessus du couvercle II.

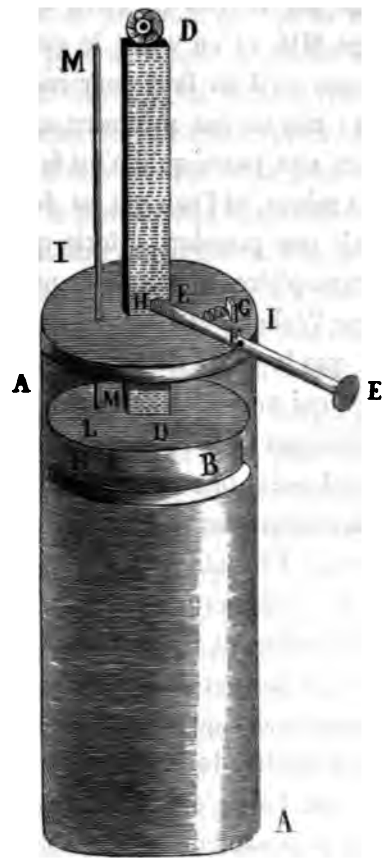



Fig. 10. — Machine à vapeur de Papin, de 1690.

[L]est un petit trou au piston par où l'air peut sortir [du fon]d du tuyau AA, lorsqu'on y enfonce le piston pour [la pre]mière fois.

[Po]ur se servir de cet instrument on verse un peu

d'eau dans le tuyau AA jusqu'à la hauteur de trois à quatre lignes; on y fait ensuite entrer le piston et on le pousse jusqu'au bas, en sorte que l'eau qui est au fond du tuyau regorge par le trou L. Alors on ferme ledit trou avec la verge MM, et on y met le couvercle II, qui a autant de trous qu'il en faut pour entrer sans obstacle. Ayant ensuite mis un feu médiocre sous le tuyau AA, il s'échauffe fort vite parce qu'il n'est fait que d'une feuille de métal fort mince, et l'eau qui est dedans se changeant en vapeur fait une pression si forte qu'elle surmonte le poids de l'atmosphère et pousse le piston BB en haut, jusqu'à ce que l'échancrure H paraisse au-dessus du couvercle II, et que la verge de fer EE y soit poussée par le ressort G, ce qui ne se fait pas sans bruit. Alors il faut incontinent éloigner le feu, et les vapeurs dans ce tuyau léger se recondensent bientôt en eau par le froid et laissent le tuyau absolument privé d'air. Alors il n'y a qu'à tourner la verge EE autant qu'il est nécessaire pour la faire sortir de l'échancrure H, et laisser le piston en liberté de descendre, et il arrive que le piston est incontinent poussé au bas par tout le poids de l'atmosphère et produit le mouvement qu'on veut, avec d'autant plus de force que le diamètre du tuyau est grand. Et il ne faut point douter que l'air n'agisse sur ces tuyaux avec toute la force dont la pesanteur est capable : car j'ai vu par expérience que le piston ayant été élevé par la chaleur jusqu'au haut du tuyau AA, est ensuite redescendu jusque tout au fond; et cela plusieurs fois de suite, en sorte qu'on ne saurait soupçonner qu'il y ait eu aucun air pour le presser en dessous et résister à la descente. Or

mon tuyau, qui n'a que deux pouces et demi de diamètre, est pourtant capable d'élever soixante livres à toute la hauteur dont le piston descend, et le corps du tuyau ne pèse pas cinq onces. Je ne doute pas qu'on ne pût faire des tuyaux qui ne pèseraient pas quarante livres et qui pourtant pourraient élever deux mille livres, à chaque opération, jusqu'à la hauteur de quatre pieds. J'ai éprouvé aussi que le temps d'une minute suffit pour faire qu'un feu médiocre chasse le piston jusqu'au haut de mon tuyau; et comme le feu doit être proportionné à la grandeur des tuyaux, on pourrait échauffer les gros à peu près aussi promptement que les petits : ainsi l'on voit combien cette machine, qui est si simple, pourrait fournir de prodigieuses forces et à bon marché. Car on sait qu'une colonne d'air qui s'appuie sur un tuyau d'un pied de diamètre, pèse presque deux mille livres; mais si le diamètre était de deux pieds, la pesanteur serait de près de huit mille livres, et qu'ainsi la pression s'augmente toujours en raison doublée des diamètres : d'où il s'ensuit que le feu, dans un fourneau dont le diamètre serait d'un peu plus de deux pieds, suffirait pour élever toutes les minutes huit mille livres à la hauteur de quatre pieds, si on faisait les tuyaux de cette hauteur : car, le feu étant dans un fourneau de plaques de fer peu épaisses, on pourrait facilement le pousser d'un tuyau à un autre : et ainsi ce même feu ferait continuellement dans quelque tuyau ce vide qui pourrait ensuite produire de si grands effets. A présent, si on considère la grandeur des forces que l'on produira de cette manière et le peu que pourra coûter le bois qu'il faudra pour cela, on avouera assurément que cette mé-

thode est de beaucoup préférable à l'usage de la poudre à canon, dont j'ai parlé ci-dessus, vu principalement que de cette manière on fait un vide parfait, et qu'ainsi on remédie aux inconvénients que j'ai marqués. »

Je ne pense pas qu'on puisse dire, après avoir médité la description rédigée par Papin, que j'ai donné dans ma Notice (p. 28 à 30) une idée inexacte de sa machine à feu, et que j'ai attribué à notre illustre compatriote une invention qu'il n'avait pas faite.

Papin, il est vrai, a proposé deux espèces de machines à feu. L'une, celle de 1690, est la machine à piston connue depuis que Newcomen l'a exécutée en l'améliorant, sous le nom de machine atmosphérique, et dont nous venons de copier la description faite par Papin lui-même; l'autre, décrite en 1707, reposait sur des principes différents; elle était simplement destinée à élever de l'eau. Je ne crois pas utile de discuter les critiques dont cette dernière machine a été l'objet; j'accorderai donc, si l'on veut, qu'elles sont toutes fondées; mais qu'en pourra-t-on conclure? Que Papin était plus habile ou plus heureux en 1690 qu'en 1707; que son esprit s'affaiblissait avec l'âge; qu'à la seconde époque, tout le mérite de la découverte qu'il avait faite dix-sept ans auparavant, n'était plus assez présent à sa mémoire; mais en quoi tout cela affaiblirait-il ses droits comme inventeur? Newton cessa-t-il d'être l'auteur des *Principes* ou de *l'Optique*, quand il rédigea un mauvais traité de chronologie?

La peine que M. Ainger et d'autres écrivains se sont donnée en critiquant la seconde machine de 1707, est donc en pure perte. Papin aurait été à cette époque un

extravagant, on l'aurait détenu dans une maison d'aliénés, que sa machine de 1690 n'en resterait pas moins comme le premier germe de toutes les machines à feu existantes. Au reste, il n'est peut-être pas difficile de trouver un motif plausible à l'abandon que Papin avait fait de son premier projet : ce motif est probablement la difficulté de fondre et d'aléser les cylindres ou corps de pompe dont il aurait eu besoin. En 1695, cette difficulté, qui de nos jours a totalement disparu, lui paraissait si grande qu'il proposait d'établir une manufacture où l'on fabriquerait tout exprès les tuyaux destinés à former les corps de pompe de celles de ses machines dont on se servirait pour faire marcher les navires.

M. Ainger n'admet pas les doutes que j'ai élevés concernant le sens qu'on a donné jusqu'ici à un passage relatif à la chaudière dont Worcester voulait se servir. Le défaut de temps m'oblige de passer condamnation à ce sujet, quoique, si la chose en valait la peine, je pusse citer à l'appui de mon sentiment un des plus célèbres ingénieurs anglais. Ce même motif ne me permettra pas de relever une ou deux méprises vraiment singulières dans lesquelles M. Ainger est tombé en voulant faire de l'érudition hors de propos, à l'occasion d'une expérience d'Otto de Guericke. On comprendra que je ne consente pas à perdre de longues heures pour relever les mille erreurs de détail de M. Ainger; je me hâte d'arriver à ses grandes objections.

Pour peu qu'on ait considéré attentivement le jeu d'une machine à feu, on y a aperçu deux choses capitales : premièrement, l'idée d'employer la force élastique de la

vapeur comme principe de mouvement; en second lieu, l'idée, non moins importante, de se débarrasser de cette vapeur, par voie de refroidissement, dès qu'elle a agi.

Celui qui, réfléchissant le premier sur l'énorme ressort qu'acquiert la vapeur d'eau quand elle est fortement échauffée, a montré qu'elle pouvait servir à élever de grands poids; celui qui le premier a proposé et décrit une machine dans laquelle l'élasticité de la vapeur était le seul principe de mouvements utiles à l'industrie, doit-il être considéré comme l'inventeur de la machine à feu? Telle est la première question que l'histoire de cette machine fait naître; or, elle a été résolue affirmativement dans tous les ouvrages dont j'ai eu connaissance: Thomas Young, Robison, Partington, Tredgold, Millington, Lardner, Nicholson, etc., sont unanimes à cet égard. Pour mon compte, je n'ai fait qu'adhérer à l'opinion de tant de physiciens et d'ingénieurs habiles. Je ne me suis séparé d'eux qu'en un seul point: en Angleterre on appelle généralement marquis de Worcester la personne à laquelle la découverte est due; moi je soutiens qu'elle se nomme Salomon de Caus, et je me fonde sur ce que l'ouvrage de cet ingénieur renferme la figure et la description d'une machine destinée à soulever l'eau par l'action de la vapeur; sur ce que celle du marquis de Worcester, dont personne au reste ne connaît la forme, avait précisément le même objet; sur ce que le peu qu'on en sait n'a paru qu'en 1663, quarante-huit ans après la publication de *La Raison des forces mouvantes*.

Voici venir maintenant M. Ainger, qui trouve aussi une machine destinée à élever de l'eau, dans un auteur.

J.-B. Porta, plus ancien que Salomon de Caus. Si le fait est vrai, le nom de Salomon de Caus, que je substituais à celui de Worcester, devra sans aucun doute être remplacé à son tour par le nom de Porta. Aussi, je vais sur-le-champ vérifier l'assertion de M. Ainger, sans même faire remarquer combien il est bizarre que le nom du savant napolitain n'ait jamais été prononcé tant que Worcester jouissait, sans contestation, du titre d'inventeur, et qu'on s'en soit ressouvenu à point nommé, dès qu'il a semblé pouvoir nuire aux droits d'un auteur français.

La machine du physicien napolitain se trouve, dit M. Ainger, « dans une traduction de l'ouvrage d'Héron d'Alexandrie, qui fut publiée en italien, par J.-B. Porta, en 1606. » Il ajoute plus loin : « Les lecteurs qui désireront vérifier les faits donnés ici, pourront consulter les différentes éditions des *Spiritalia* d'Héron, et spécialement la traduction qu'en a donnée Porta, en 1606, et intitulée : *I tre libri Spiritalia.* Un exemplaire de cet ouvrage existe au *British Museum.* »

Lorsque l'écrit du *Quarterly-Journal* me parvint, j'avais parcouru diverses éditions de l'ouvrage d'Héron ; je ne connaissais pas celle de Porta que cite M. Ainger. Je me suis un moment reproché cette négligence ; mais, vérification faite avec le secours de nos plus célèbres bibliographes, il s'est trouvé que l'ouvrage en question n'existe pas ; qu'il n'y a, enfin, aucune traduction d'Héron faite par Porta. Cet auteur, il est vrai, a publié un ouvrage en latin intitulé, comme celui du mécanicien grec (*Pneumaticorum libri tres*, Naples, 1601, in-4°), mais il n'est

pas plus l'ouvrage d'Héron que l'*Histoire naturelle* de Buffon n'est la traduction de celle d'Aristote. Les *Pneumatiques* de Porta, traduites en italien et en espagnol par un nommé Juan Escrivano, ont été publiées, en 1606, sous le titre de : *I tre libri de Spiritali di Giovam Battista della Porta Napolitano*, un volume petit in-4°. C'est ce livre que M. Ainger a pris pour une traduction italienne faite par Porta, tandis qu'elle est de Juan Escrivano; pour une traduction de l'ouvrage grec d'Héron, tandis que c'est la traduction d'un ouvrage latin de Porta. M. Ainger est parvenu à réunir sur ce point toutes les erreurs dans lesquelles il était possible de tomber.

A la page 75 des *Spiritali* de Porta, publiées par Escrivano, se trouve l'appareil que cite M. Ainger, comme une machine que Porta avait inventée pour élever de l'eau à l'aide de la force élastique de la vapeur, comme un grand perfectionnement (*great improvement*) d'une machine d'Héron dont j'aurai tout à l'heure à parler. Je vais donner ici la traduction du chapitre de Porta, ou plutôt du chapitre d'Escrivano, car ce chapitre n'existe pas dans l'ouvrage original, et l'on verra alors jusqu'à quel point M. Ainger a mis en jeu son esprit inventif.

« *Pour savoir en combien de parties se transforme une simple partie d'eau.* — Faites une boîte en verre ou en étain, dont le fond soit percé d'un trou par lequel passera le col d'une bouteille à distiller renfermant une ou deux onces d'eau (*a* fig. 11). Le col sera soudé au fond de la boîte, de manière que rien ne puisse s'échapper par là. De ce même fond partira un canal dont l'ouverture le touchera presque, l'intervalle étant tout juste ce qui est

nécessaire pour que l'eau puisse y couler. Ce canal passera par une ouverture du couvercle de la boîte, et s'étendra au dehors, à une petite distance de sa surface (*passi per lo coverchio fuori, poco lontano dalla sua superficia*). La boîte sera remplie d'eau par un entonnoir qu'on bouchera bien ensuite, afin qu'il ne laisse pas échapper d'air (*che non possa respirare*) ; enfin, la bouteille sera placée sur le feu, et on l'échauffera peu à peu ; alors l'eau, transformée en vapeur, pressera l'eau dans la boîte, lui fera violence et la fera sortir par le canal *c* et couler

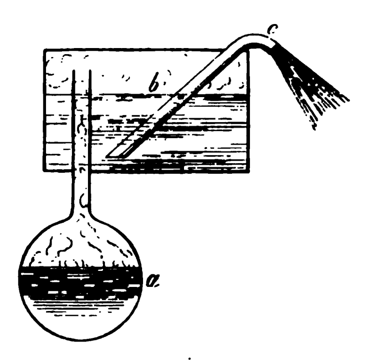



Fig. 11. — Machine de Porta.

à l'extérieur. On continuera toujours ainsi à échauffer l'eau, jusqu'à ce qu'il n'en reste plus ; et tant que l'eau fumera (*sfumera*), l'air pressera l'eau dans la boîte *b*, et l'eau sortira à l'extérieur. L'évaporation étant finie, on mesurera combien il est sorti d'eau de la boîte, et il y sera resté autant d'eau qu'il en sera sorti (de la bouteille), et vous conclurez de la quantité d'eau écoulée, en combien d'air elle s'était transformée. On peut encore facilement mesurer en combien une once d'air, dans sa consis-

tance ordinaire, peut donner de parties d'un air plus subtil. »

Rappelons maintenant la manière dont M. Ainger annonce ce passage :

« Une traduction, dit-il, de l'ouvrage d'Héron fut publiée en italien par J.-B. Porta, en 1606. Porta répète l'invention d'Héron, et ajoute la suivante comme lui appartenant. Dans la figure destinée à en faciliter l'intelligence, on voit le fourneau pour chauffer l'eau. »

La vérité est que Porta ne parle point de la machine d'Héron, qu'il n'a eu, en aucune manière, l'intention de la perfectionner; qu'il ne songeait pas même à faire une machine; que son but, son but unique, était de déterminer expérimentalement et par un moyen dont il est inutile de signaler ici tous les défauts, les volumes relatifs d'une quantité donnée d'eau et de la vapeur en laquelle la chaleur la transforme. Porta songeait si peu à donner son appareil comme propre à élever de l'eau, qu'il dit en termes formels que le tuyau de dégorgement passe à une petite distance de la surface du couvercle de la petite boîte. Ainsi, je n'ai aucun désir de le nier, Porta n'ignorait pas que la vapeur d'eau peut presser un liquide à la manière de l'air; mais rien, rien absolument, ne prouve qu'il eût quelque idée de la grande force que cette vapeur est susceptible d'acquérir, et de la possibilité de l'employer comme moteur efficace. Si cette notion spéciale ne lui avait pas manqué, Porta, le plus enthousiaste faiseur de projets dont l'histoire des sciences fasse mention, n'aurait certainement pas négligé d'en parler. Au surplus, tout ce que Porta avait vu dans son expérience aurait été

également produit si sa grande bouteille, au lieu d'eau, eût renfermé seulement de l'air.

La double notion que la vapeur convenablement enfermée élève l'eau au-dessus de son niveau et qu'elle est susceptible de produire les plus grands effets; que, dès lors, elle peut servir à la construction de machines utiles, se trouve pour la première fois, à ma connaissance, dans l'ouvrage de Salomon de Caus. Peut-être découvrira-t-on quelque chose d'analogue dans des auteurs encore plus anciens. Eh bien, si cela arrive, le nom de Salomon de Caus, je le répète, devra disparaître de l'histoire de la machine à feu, comme j'en avais écarté celui du marquis de Worcester; mais, à moins que ce nom nouveau n'appartienne à quelque personnage né dans les Iles Britanniques, il y aura toujours lieu à rectifier cette assertion si souvent reproduite : « La machine à vapeur a été inventée par un petit nombre d'individus tous Anglais. »

Beaucoup de savants et de mécaniciens très-éclairés attachent une médiocre importance à la première idée de l'application de la vapeur comme force motrice. Les anciens, disent-ils, qui attribuaient les tremblements de terre à des développements instantanés de vapeur; le mécanicien qui prétendait, avec le même agent, faire osciller tous les planchers de la maison de son voisin, en savaient autant que Salomon de Caus, que Worcester, et, au fond, en avaient dit autant qu'eux. S'il existait, ajoutent-ils, une machine utile d'épuisement, dans laquelle l'action immédiate de la vapeur soulevât le liquide, on concevrait l'importance qu'on a attachée aux essais des deux ingénieurs français et anglais; on pourrait alors, à

titre de premiers germes, donner quelques instants d'attention à la boule métallique du premier et aux obscures descriptions du second; mais rien d'analogue ne se voit dans les machines à vapeur en usage aujourd'hui. L'invention de ces machines réside donc tout entière dans un corps de pompe le long duquel on imprime au piston un mouvement de va-et-vient, et dans les moyens d'obtenir cet effet. Si le premier emploi de la vapeur, dans un appareil quelconque, comme principe de mouvement, donnait des droits au titre d'inventeur, ce serait Héron d'Alexandrie qu'il faudrait citer. Mais on a avec raison écarté du concours la machine rotative de ce mécanicien, parce qu'elle n'a ni par sa forme ni par le mode d'action de la vapeur, aucune affinité avec les machines de nos jours; celles de Salomon de Caus et de Worcester, qui ne leur ressemblent pas davantage, doivent donc être écartées de même. La vitesse de l'eau est également la cause du mouvement d'une roue hydraulique et de l'ascension du liquide dans le bélier; si de là on avait conclu que l'inventeur de la roue doit aussi être considéré comme inventeur du bélier, tout le monde se serait récrié. Eh bien, pour les machines à feu on a raisonné ainsi sans s'en apercevoir. Caus ou Worcester, transportés aujourd'hui, avec les connaissances de leur époque, devant une machine de Watt en action, ne soupçonneraient pas même ni l'un ni l'autre que c'est la vapeur d'eau qui engendre le mouvement; et cependant on les appelle les inventeurs !

En rapportant ces réflexions, je leur ai laissé toute leur force. On se tromperait cependant si l'on voulait en con-

clure que je les adopte sans modification. J'accorderais très-volontiers que les inventeurs de la machine à piston, du mouvement alternatif et des artifices qui le produisent, doivent être placés hors ligne; cette concession faite, je ne saurais admettre que la première idée d'employer la vapeur comme principe de mouvement ne doive pas figurer dans l'histoire des machines à feu actuellement en usage.

Au reste, il est juste de le reconnaître, et c'est une erreur à laquelle moi-même je n'ai pas entièrement échappé, on a eu tort de considérer la machine à vapeur comme un objet simple, dont il fallait absolument trouver l'inventeur. A quoi aurait-on pu s'arrêter si l'on avait, par exemple, suivi cette voie en écrivant l'histoire de l'horlogerie? Quel est l'inventeur d'une montre? Personne; mais il est naturel de demander qui a inventé le barillet, l'échappement à roue de rencontre, l'échappement à repos ou libre, le balancier compensé, etc., etc. Dans la machine à vapeur, il existe aussi plusieurs idées capitales qui peuvent ne pas être sorties de la même tête. Les classer par ordre d'importance, donner à chaque inventeur ce qui lui appartient, rapporter exactement les dates des diverses publications, tel doit être l'objet de l'historien. En essayant de m'acquitter de cette tâche, j'avais signalé ainsi les traits caractéristiques des machines actuellement en usage :

Idée d'une machine à vapeur aqueuse, portant un piston doué d'un mouvement alternatif;

Production de ce mouvement alternatif, par une combinaison de la force élastique de la vapeur avec la pro-

priété dont cette vapeur jouit de perdre tout ressort, ou de se précipiter quand on la refroidit;

Moyens divers, et plus ou moins avantageux, d'opérer ce refroidissement.

Personne ne contestera que ce soient là les traïts principaux des machines en usage. Or, j'ai prouvé que les deux premières idées appartiennent à Papin. Reconnaître la vérité de ma démonstration, c'était mettre fin au débat, c'était avouer que les Français sont entrés pour une très-grande part dans l'invention de la machine à vapeur. Aussi s'est-on bien gardé de me faire cette concession. Cependant la publication de Papin est incontestablement antérieure de plusieurs années aux publications de Savery, de Newcomen et de Cawley; la discussion n'était pas soutenable sur ce terrain-là, et M. Ainger, qui sans doute l'a reconnu, en a choisi un tout différent : il a décidé que la découverte de Papin se trouverait, coûte que coûte, dans un auteur plus ancien, et c'est Héron d'Alexandrie qu'il a choisi. Il est bien vrai que par là on faisait une nouvelle et large brèche à cette assertion : « La machine à feu n'est due qu'à des Anglais; » mais le désagrément était comparativement peu de chose, dès qu'on parvenait à exclure tous les noms français. Examinons donc les nouveaux titres d'Héron, découverts par M. Ainger.

« Dans un autre appareil d'Héron, dit M. Ainger, EF (fig. 12) est un globe à moitié rempli d'eau qui se convertit en partie en vapeur (*wich is partly converted into vapour*) quand on l'expose au soleil. De là résulte sur la surface de l'eau une pression qui fait monter ce liquide le

›ng du siphon G ; ensuite elle se répand sur la coupe *c*, t descend par le tuyau *d* dans le vase fermé ACDB, empli aussi de liquide à moitié. Quand le globe EF se efroidit, l'eau qu'il contient se trouve soustraite par ondensation à la plus grande partie de la pression qu'elle upportait, et l'eau s'élève du vase ACDB par un tuyau, our remplacer ce que l'élasticité de la vapeur avait

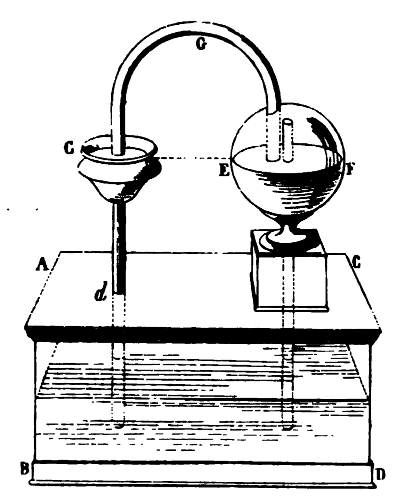



Fig. 12. — Appareil d'Héron pour l'emploi de la force élastique de l'air.

xpulsé (*what had been driven over by the elasticity of he vapour*). Ainsi, alternativement, l'eau sort du globe t y revient par une alternative de production et de ondensation de vapeur élastique (*elastic vapour*) (page 326 du Mémoire de M. Ainger). »

« Cet appareil, dit M. Ainger, anticipe (*anticipates*) e principe des deux idées (*contrivances*) sur lesquelles M. Arago bâtit sa théorie que la machine à vapeur est une invention française. »

Ce n'est pas là tout; je lis à la page 337 du Mémoire de M. Ainger : l'appareil dans lequel Papin engendra le mouvement alternatif d'un piston par la production et la condensation de la vapeur « servait seulement à rendre sensible (*illustrate*) un fait physique bien connu, car on savait déjà du temps d'Héron qu'en condensant la vapeur on produit le vide, » et plus loin, page 338 : « Papin ne fut pas le premier, à 2,000 ans près, qui vit que la vapeur en se condensant laissait un vide... L'appareil de Papin n'emploie pas à la fois la force élastique de la vapeur et sa condensation; et quand cela serait, Papin n'est pas le premier qui combina dans la même machine, la force élastique de la vapeur et sa condensabilité (*condensability*), car l'appareil d'Héron faisait la même chose. »

J'ai quelque peine à retenir, je l'avoue, l'expression des sentiments que ces divers paragraphes font inévitablement naître. Le lecteur, au reste, y suppléera, car je vais placer en regard de tant de passages où il est si explicitement question de vapeur produite et de vapeur condensée, une traduction fidèle de l'explication qu'Héron a donnée de son appareil. Je dis une traduction *fidèle*, et personne n'en doutera quand j'avertirai qu'elle est de M. Letronne, à qui je l'avais demandée pour avoir, en quelque sorte, une autorité légale, irrécusable.

« Soit une base fermée ACDB, à travers laquelle passe un entonnoir dont le tuyau soit très-peu distant du fond [de cette base]; soit [de plus] un globe EF, d'où un tube descend dans la base jusqu'à une petite distance du fond de l'appareil. Un siphon recourbé est ajusté de manière à pénétrer dans l'eau du globe. Lors donc que le soleil

vient à frapper ce globe, l'air qu'il contient étant échauffé presse le liquide; celui-ci s'échappera par le siphon et descendra dans la base par l'entonnoir. Mais quand l'appareil sera à l'ombre, l'air [moins dilaté] cédant de la place dans le globe, le tube reprendra le liquide. Ce phénomène aura lieu autant de fois que le soleil frappera [le globe]. » (Les mots entre crochets sont ajoutés au texte pour plus de clarté.)

Le lecteur a maintenant sous les yeux le passage, mais le passage non altéré, d'après lequel on veut priver Papin de l'honneur, qui lui revient si légitimement, d'avoir le premier employé la vapeur d'eau pour faire le vide sous un piston et pour produire un mouvement alternatif. Je le prie donc de vouloir bien comparer les paroles de l'auteur grec avec les explications de M. Ainger, et il verra que les mots *vapeur*, *vapeur élastique*, *condensation de la vapeur pour produire le vide*, sont de pures inventions; qu'Héron n'en dit rien, qu'il n'y a pas songé; que son but, que son but unique, est d'employer la force élastique de l'air contenu dans le globe EF, quoique le mot *air* ne se trouve pas une seule fois dans la paraphrase de l'auteur anglais.

M. Ainger n'a pas dû supposer que je laisserais son Mémoire sans réponse. Alors comment expliquer les altérations si nombreuses, si graves, qu'il a fait subir aux paroles d'Héron d'Alexandrie? La question n'est certainement pas facile à résoudre; voici cependant de quelle manière M. Ainger a peut-être raisonné.

Puisque l'appareil du mécanicien grec renfermait de l'eau, il y avait dans son globe de la vapeur mêlée à l'air;

cette vapeur devait être d'autant plus abondante qu'il faisait plus chaud (nous le savons aujourd'hui parfaitement); ainsi rien ne m'empêche d'affirmer que c'est à la vapeur, plus élastique le jour que la nuit, qu'était dû le mouvement du liquide. On dira peut-être que l'effet dépendant de cette cause, n'était qu'une très-petite partie de celui qu'amenait la dilatation de l'air; mais dès que la discussion portera seulement sur des quantités, elle se terminera en ma faveur.

Au besoin, j'aurais répliqué qu'il ne s'agit pas de savoir s'il y avait une petite quantité de vapeur en jeu dans l'appareil d'Héron, mais bien si ce mécanicien l'avait soupçonné; or Héron ne parle que d'air. Si l'on devait enregistrer comme découvertes de celui qui a fait une opération, tous les phénomènes que cette opération réalise, l'analyse de l'air atmosphérique n'appartiendrait plus à Lavoisier, car le premier dans les mains duquel un morceau de métal se rouilla, avait sans s'en douter séparé l'oxygène de l'azote; Black ne serait pas l'inventeur de la théorie de la chaleur latente, car on ne fait jamais bouillir de l'eau sans que la vapeur s'empare inévitablement de la grande quantité de calorique qui est nécessaire à sa constitution; la découverte de l'électricité par contact n'appartiendrait plus à Volta, mais bien à celui qui le premier superposa deux pièces métalliques de nature différente, etc., etc. Au reste, je dois le dire, M. Ainger, entraîné par son zèle, s'est même ôté l'usage des arguments que je viens de combattre. Pour s'en convaincre, il suffit de se rappeler cette phrase : « On savait du temps d'Héron, etc.; » ou bien cette autre : « L'ap-

pareil de Papin servait seulement à rendre sensible un fait bien connu, car... etc. »

Dans les diverses citations que j'ai dû lui présenter, le lecteur aura certainement remarqué ce passage : « L'appareil de Papin n'emploie pas à la fois la force élastique et la condensation de la vapeur. » (*Papin's apparatus does not use both the elastic force and condensation of the steam.*)

Après de semblables paroles, toute discussion devient impossible. Quelle concession espérer, en effet, d'un antagoniste décidé à nier l'évidence? Papin, dites-vous, n'employait pas à la fois la force élastique et la condensation de la vapeur! Mais pourquoi mettait-il donc de l'eau sur la plaque inférieure de son corps de pompe? Pourquoi la faisait-il bouillir lorsqu'il voulait donner au piston un mouvement ascendant? Pourquoi retirait-il le feu quand le moment était venu de faire descendre le piston sous l'action de la pression atmosphérique?

Les inqualifiables dénégations de M. Ainger sont sans doute bien étonnantes; mais ce qui doit surprendre encore davantage, c'est qu'un Mémoire dépourvu à ce degré-là de tout esprit de justice, de toute vérité, de toute logique, ait pu être débité, écouté, accueilli dans une institution que les leçons d'un Humphry Davy, d'un Thomas Young ont jadis tant illustrée; dans un établissement qui a eu l'inappréciable avantage de compter parmi ses professeurs des savants du mérite de MM. Faraday et Millington. Au reste, tout bien considéré, ces efforts impuissants des passions ou des préjugés nationaux, sont un hommage solennel rendu aux inventions de Papin. Je n'hésite donc

pas à reproduire ici les trois propositions capitales qui, dans ma Notice historique, terminent l'analyse des travaux de cet ingénieur. M. Ainger aura, sans le vouloir, contribué à leur donner une incontestable évidence.

Papin a imaginé la première machine à vapeur a piston;

Papin a vu le premier que la vapeur aqueuse fournit le moyen de faire le vide dans une capacité, quelque grande qu'elle soit;

Papin est le premier qui ait songé à combiner, dans une même machine à feu, la force élastique de la vapeur d'eau avec la propriété dont cette vapeur jouit, et qu'il a signalée, de se condenser par refroidissement.

# EXPLOSIONS DES MACHINES
## A VAPEUR

## CHAPITRE PREMIER

### AVANT-PROPOS

Les machines à vapeur pourront être considérées comme le chef-d'œuvre de l'industrie humaine, lorsqu'on sera parvenu, soit à rendre tout à fait impossibles les explosions qu'aujourd'hui elles éprouvent quelquefois, soit du moins à empêcher, par des voies certaines, que ces accidents ne donnent lieu aux scènes de destruction et de mort qui les signalent trop souvent. Ce problème, il faut l'avouer, n'a pas été jusqu'ici complétement résolu, quoiqu'il ait excité la sollicitude des physiciens et des artistes les plus habiles. Les ingénieux mécanismes imaginés par Papin et connus sous le nom de *soupapes de sûreté*, suffisent, il est vrai, dans les cas ordinaires; mais il est des circonstances, heureusement assez rares, dans lesquelles ils sont insuffisants et même dangereux. Signaler ces circonstances, autant du moins que l'état imparfait de nos connaissances à cet égard peut le permettre, indiquer les causes qui les amènent, et quelques moyens plus ou moins plausibles de les éviter, tel est le but de cette Notice.

Je vais mettre sous les yeux du lecteur une relation abrégée de toutes les explosions, à moi connues, qui ont

eu pour témoins ou pour historiens des ingénieurs expérimentés. C'est là que nous trouverons les moyens d'apprécier les diverses explications qu'on a données de ces effrayants phénomènes.

## CHAPITRE II

### VARIATION DE LA FORCE ÉLASTIQUE DE LA VAPEUR D'EAU AVEC LA TEMPÉRATURE

Avant d'entrer en matière je rappellerai que la force élastique de la vapeur d'eau qui, combinée avec son refroidissement, est le principe du mouvement des machines à feu, varie avec la température de production de cette vapeur. Quelle loi régit cette dépendance de la force disponible et de la chaleur qui donne naissance à la vapeur? C'est ce qu'il était nécessaire de rechercher pour régler l'emploi des chaudières à vapeur. Le gouvernement a demandé à l'Académie des sciences de faire les recherches nécessaires dans ce but. Il est résulté du grand travail qui fut entrepris une *table des forces élastiques de la vapeur d'eau et des températures correspondantes de 1 à 24 atmosphères d'après l'observation, et de 24 à 50 atmosphères par le calcul.* Les expériences pénibles et souvent très-dangereuses dont cette table offre pour ainsi dire le résumé, ont été faites par Dulong et par moi. Ces expériences sont décrites dans un Mémoire spécial. Ici je dois me contenter de reproduire les chiffres qui peuvent servir de mesure à la puissance de la vapeur et à la résistance que doit présenter la chaudière destinée à supporter une certaine température.

| Élasticités de la vapeur exprimées en atmosphères de 0m.76 de mercure. | Élasticités de la vapeur exprimées en hauteurs métriques de mercure. | Températures correspondantes exprimées en degrés centigrades. | Pressions sur un centimètre carré exprimées en kilogrammes. |
|---|---|---|---|
| 1 | 0m.76 | 100° .0 | 1k.033 |
| 1.5 | 1 .14 | 112 .2 | 1 .549 |
| 2 | 1 .52 | 121 .4 | 2 .066 |
| 2.5 | 1 .90 | 128 .8 | 2 .582 |
| 3 | 2 .28 | 135 .1 | 3 .099 |
| 3.5 | 2 .66 | 140 .6 | 3 .615 |
| 4 | 3 .04 | 145 .4 | 4 .132 |
| 4.5 | 3 .42 | 149 .1 | 4 .648 |
| 5 | 3 .80 | 153 .1 | 5 .165 |
| 5.5 | 4 .18 | 156 .8 | 5 .681 |
| 6 | 4 .56 | 160 .2 | 6 .198 |
| 6.5 | 4 .94 | 163 .5 | 6 .714 |
| 7 | 5 .32 | 166 .5 | 7 .231 |
| 7.5 | 5 .70 | 169 .4 | 7 .747 |
| 8 | 6 .08 | 172 .1 | 8 .264 |
| 9 | 6 .84 | 177 .1 | 9 .297 |
| 10 | 7 .60 | 181 .6 | 10 .330 |
| 11 | 8 .36 | 186 .0 | 11 .363 |
| 12 | 9 .12 | 190 .0 | 12 .396 |
| 13 | 9 .88 | 193 .7 | 13 .429 |
| 14 | 10 .64 | 197 .2 | 14 .462 |
| 15 | 11 .40 | 200 .5 | 15 .495 |
| 16 | 12 .16 | 203 .6 | 16 .528 |
| 17 | 12 .92 | 206 .6 | 17 .561 |
| 18 | 13 .68 | 209 .4 | 18 .594 |
| 19 | 14 .44 | 212 .1 | 19 .627 |
| 20 | 15 .20 | 214 .7 | 20 .660 |
| 21 | 15 .96 | 217 .2 | 21 .693 |
| 22 | 16 .72 | 219 .6 | 22 .726 |
| 23 | 17 .48 | 221 .9 | 23 .759 |
| 24 | 18 .24 | 224 .2 | 24 .792 |
| 25 | 19 .00 | 226 .3 | 25 .825 |
| 30 | 22 .80 | 236 .2 | 30 .990 |
| 35 | 26 .60 | 244 .9 | 36 .155 |
| 40 | 30 .40 | 252 .6 | 41 .320 |
| 45 | 34 .20 | 259 .5 | 46 .485 |
| 50 | 38 .00 | 265 .9 | 51 .650 |

La barre que l'on voit dans le tableau précédent, indique la séparation entre les résultats des expériences directes et ceux du calcul. Ce n'est pas du reste ici le lieu d'expliquer comment ont été calculées les températures qui correspondent aux tensions de plus de 24 atmosphères. Je me contenterai de dire que l'erreur ainsi commise n'est pas considérable, et que des expériences entreprises postérieurement aux recherches que j'ai faites avec mon illustre ami Dulong, ne conduisent pas à modifier sensiblement nos chiffres, au moins pour les besoins de la pratique.

## CHAPITRE III

### SÉPARATION EN DEUX PARTIES D'UNE CHAUDIÈRE ET PROJECTION D'UNE DE SES PARTIES A UNE GRANDE HAUTEUR

Lochrin est le nom d'une immense distillerie située près d'Édinburgh. Le propriétaire, dans des vues d'économie, imagina, il y a quelques années, de remplacer l'ancien mode de travail par la distillation à la vapeur. De larges tubes de métal dans lesquels circulait constamment un courant de vapeur d'eau très-chaude traversaient donc, d'outre en outre, les vases renfermant les liquides qu'il fallait mettre en ébullition. La vapeur échauffante était engendrée dans une chaudière en fer forgé de plus d'un centimètre d'épaisseur, de $11^{m}.27$ de long, d'une largeur de $0^{m}.90$ au fond et de $0^{m}.61$ à la naissance du couvercle; enfin, de $1^{m}.22$ de hauteur. Le poids total de cette chaudière était de 9,140 kilogrammes. On remarquait à sa paroi supérieure deux soupapes de sûreté,

disposées de manière qu'elles dussent s'ouvrir dès que la pression intérieure surpasserait $4^{kil}.3$ par centimètre carré, ce qui correspondait à quatre atmosphères, comme on le voit par la table du chapitre précédent. De peur que les ouvriers ne surchargeassent les soupapes, l'une des deux était contenue dans une cage grillée fermée à clef.

Cet immense appareil commença à travailler le 21 mars 1814. Douze jours après, il n'existait déjà plus : une explosion l'avait totalement détruit.

Au moment de la catastrophe, la chaudière se partagea en deux portions distinctes et inégales. La portion supérieure, composée du couvercle et des deux côtés, pesait 7,112 kilogrammes. Elle fut projetée de bas en haut avec une telle violence, qu'après avoir traversé la voûte en briques qui couvrait l'atelier et le toit, elle s'éleva dans l'air à une hauteur verticale de 21 mètres. Cette énorme masse tomba ensuite à 46 mètres du point de départ sur un des bâtiments de la distillerie, l'enfonça, et, au terme de sa chute, réduisit en pièces une vaste cuve de fonte de fer, située au rez-de-chaussée.

Il n'y avait heureusement que deux ouvriers près de l'appareil au moment de l'explosion. Ce furent les deux seules personnes qui perdirent la vie, circonstance d'autant plus extraordinaire que les autres parties des ateliers étaient alors encombrées de monde, et que la chaudière, semblable en cela à un immense fourneau de mine, lança dans tous les sens et avec une prodigieuse vitesse une immense quantité d'ustensiles et de débris. Le corps d'un des ouvriers avait été partagé en deux; l'on regarda

comme un fait digne de remarque que les jambes fussent restées dans la distillerie, tandis que le buste se trouva au loin, hors du bâtiment, parmi les décombres.

La ligne le long de laquelle la chaudière se déchira était parfaitement horizontale et suivait une rangée de clous d'une manière tout aussi régulière que si l'on eût coupé le fer avec de fortes cisailles.

La chaudière, semblable à celles dont Watt avait donné le modèle, était concave à l'extérieur dans sa face la plus voisine du feu. Elle formait là une espèce d'arceau qui permettait à la flamme du fourneau de pénétrer presque jusqu'au centre de la masse liquide. Après l'explosion, la même paroi se trouva convexe, tant elle avait été fortement pressée de dedans en dehors. Cette déformation n'offre rien qu'on n'eût pu deviner; mais on aurait cru difficilement, si l'inspection des lieux n'en avait fourni une preuve démonstrative, que le fond de la chaudière, dont le poids était de 2,028 kilogrammes, et qui portait de si évidentes traces de l'énorme pression qu'il avait éprouvée de haut en bas, eût été cependant soulevé pendant l'explosion, à une hauteur de près de 5 mètres, et transporté à quelque distance du massif de maçonnerie sur lequel il se trouvait primitivement établi.

Aucune circonstance, il importe beaucoup de le faire remarquer, n'autoriserait la supposition que l'accident de Lochrin ait dépendu d'une mauvaise construction des soupapes de sûreté. J'ai déjà dit que l'une d'elles était sous clef : ainsi, il faut également écarter toute idée de surcharge.

## CHAPITRE IV

### EXPLOSION SIMULTANÉE DE PLUSIEURS CHAUDIÈRES

Le bateau à vapeur *le Rhône,* construit par MM. Aitkin et Steel, était destiné à faire l'office de remorqueur entre Arles et Lyon. Il portait une immense machine, parfaitement bien exécutée à Paris dans les ateliers de la Gare, et alimentée par quatre chaudières en fer laminé, de 1m.3 de diamètre chacune. Depuis l'événement, on a reconnu que le métal, sur beaucoup de points, n'avait que 5 millimètres d'épaisseur.

Le 4 mars 1827, pendant qu'on se préparait à l'expérience qui, ce jour-là, devait avoir toutes les autorités de la ville de Lyon pour témoins, le bateau fit explosion. Plusieurs personnes, M. Steel entre autres, périrent victimes de cet accident. Il y eut même des spectateurs tués sur le quai du Rhône par quelques pièces de la charpente du bateau. Le pont tout entier fut projeté à une grande distance ; les tirages et les tuyaux des cheminées, pesant plus de 3,000 kilogrammes, s'élevèrent presque verticalement jusqu'à une hauteur considérable ; le dôme de l'une des chaudières alla tomber à 250 mètres du point de départ, et cependant il ne pesait pas moins de 2,000 kilogrammes.

Cette horrible catastrophe fut une conséquence inévitable de l'imprudence de l'ingénieur. Contrarié de ne pas vaincre la rapidité du courant aussi complétement qu'il l'avait espéré, M. Steel fixa invariablement les soupapes de sûreté des quatre chaudières ; il leur ôta toute mobi-

lité. Ce fait, quelque incroyable qu'il puisse paraître, a été constaté d'une manière authentique.

Nous avons remarqué qu'il y avait quatre chaudières sur le bateau. Il est certain que deux d'entre elles éclatèrent presque simultanément. Si je suis bien informé, en retirant du Rhône une troisième chaudière qui y était tombée, on a reconnu qu'elle avait aussi éclaté. Cette rupture, dans la même seconde, de deux ou trois chaudières différentes, est un fait très-singulier et dont nous aurons à rendre compte en parlant des diverses explications qu'on a données de ces phénomènes.

Je ne dois pas oublier de dire qu'à Lyon, comme à Lochrin, le dôme, que l'explosion projeta à la distance de 250 mètres, s'était séparé de la chaudière le long d'une ligne à peu près horizontale, quoique, dans l'étendue de cette ligne, le métal présentât des différences d'épaisseur de plus de 2 millimètres. M. Tabareau, à qui j'emprunte ces précieux détails, a calculé que 2 millimètres donnaient aux portions les plus épaisses des parois un excès de résistance de plus de 6 atmosphères sur 20 à 25 qui était leur force totale. Ainsi, il y a eu rupture simultanée dans des parties de la chaudière dont les ténacités différaient de 6 atmosphères au moins.

Je viens de faire remarquer combien l'explosion simultanée de plusieurs chaudières placées sur des fourneaux différents était un phénomène digne d'attention. Il pourra donc être utile d'en citer un second exemple.

A l'entrée de la mine d'étain de Polgooth, il existe une immense machine à feu, alimentée par trois chaudières distinctes. Cette machine ayant été arrêtée quelques in-

stants pour donner à l'ingénieur les moyens de réparer la pompe foulante d'épuisement, deux des chaudières éclatèrent coup sur coup. Le capitaine Reed, qui se trouvait alors très-près de la mine, rapporte que le bruit de la première explosion avait à peine cessé, quand la seconde se fit entendre.

## CHAPITRE V

### EXPLOSIONS OCCASIONNÉES PAR UNE SURCHARGE DE LA SOUPAPE DE SURETÉ

Après l'explosion qui démolit entièrement la raffinerie de sucre de Wellclose-Square à Londres, il fut constaté que la fonte dont la chaudière était formée n'avait pas partout une épaisseur suffisante. Au fond, on ne trouva pas moins de 63 millimètres ; sur les deux parois verticales, 38 millimètres; dans la partie inférieure du dôme, 11 millimètres seulement, et sur quelques autres points l'épaisseur était réduite à 3 millimètres.

Quelques instants avant l'événement, contrarié des faibles résultats que l'appareil donnait, un agent du constructeur, malgré les vives représentations des raffineurs, avait chargé la soupape de sûreté d'un énorme poids, tandis qu'en même temps il poussait le feu autant que possible.

Remarquons qu'à Londres, comme à Lyon, la chaudière éclata à la fois dans des parties qui avaient des épaisseurs si inégales qu'on aurait dû supposer que l'une de ces parties cédant à la force 1, l'autre résisterait à une action décuple.

Durant l'enquête que la chambre des communes institua en 1817, à l'occasion de l'explosion d'un bateau à vapeur à Norwich, M. William Chapman, ingénieur civil de Newcastle, cita l'explosion d'une chaudière déterminée comme la précédente, par une surcharge de la soupape de sûreté ; mais cette fois du moins l'amour-propre du constructeur ne joua aucun rôle dans l'événement, car il fut occasionné par un ouvrier qui s'assit sur la soupape, afin de donner à ses camarades le spectacle du mouvement oscillatoire qu'il éprouverait, disait-il, quand la vapeur serait devenue assez puissante pour le soulever. Or, il arriva, comme on pouvait le prévoir, que la soupape ne s'ouvrit point, mais que la chaudière creva. Les éclats blessèrent et tuèrent un grand nombre de personnes.

En Amérique, un bateau à vapeur sauta sur l'Ohio, pendant que l'équipage levait l'ancre, c'est-à-dire dans un moment où la machine ne marchant point, il n'y avait aucune consommation de vapeur, quoique le feu fût déjà dans toute sa force. Lever ou décharger la soupape, était le moyen de prévenir les accidents ; par une inadvertance inexplicable, l'ingénieur, au contraire, y plaça un poids additionnel.

## CHAPITRE VI

### EXPLOSIONS PRÉCÉDÉES D'UN GRAND AFFAIBLISSEMENT DANS LE RESSORT DE LA VAPEUR

Dans tous les cas d'explosion que j'ai cités jusqu'ici, celui de Lochrin excepté, il a été constaté que la soupape de sûreté se trouvait ou complétement fermée ou chargée

ı poids trop fort. Les causes de l'effraction semblaient c évidentes. Maintenant nous allons entrer dans une e de faits beaucoup moins simples. Plusieurs même, 'avouerai sans détour, ont une apparence paradoxale , au premier abord, inspire des doutes; mais les mples sont nombreux et les autorités irrécusables.

}uelques instants avant que la chaudière en fonte et à ssion moyenne établie à Essonnes dans la filature de Feray, fit explosion le 8 février 1823, la machine elle alimentait marchait plus lentement qu'à l'ordire, et à tel point que les ouvriers s'en plaignaient. ınd l'explosion eut lieu, les deux soupapes venaient de ıvrir et la vapeur en sortait avec abondance.

Jn accident en tout semblable à celui d'Essonnes eut ı quelques jours après sur le boulevard du Mont-Parse, à Paris. Ici, comme chez M. Feray, les ouvriers rmuraient de ce que la marche excessivement lente de nachine ne leur permettait de faire dans la journée une très-petite quantité d'ouvrage, lorsque tout à coup chaudière, qu'ils supposaient presque vide de vapeur, ata. Cette chaudière était en cuivre laminé. Rien n'anıçait que la soupape de sûreté eût été en mauvais état; a même toute raison de supposer qu'une abondante ie de vapeur précéda l'explosion.

Lors de l'explosion du bateau à vapeur *l'Etna*, en Améue, la machine ne donnait que 18 coups de piston par nute. Dans sa marche habituelle, ce nombre de coups it de 20. Ainsi la chaudière éclata sous l'action d'une peur sensiblement moins élastique que celle qu'elle pportait ordinairement.

Le jour de l'explosion du bateau *le Rapide*, à Rochefort, le manomètre avait souvent indiqué une élasticité de la vapeur de 30 centimètres de mercure supérieure à celle de l'atmosphère. Quelques instants avant l'événement, le manomètre n'était qu'à 15 centimètres.

Il est résulté de l'enquête à laquelle donna lieu l'explosion du bateau à vapeur *le Graham*, qu'à l'instant où l'événement arriva, on venait d'ôter un poids de 10 kilogrammes de dessus la soupape de sûreté.

## CHAPITRE VII

### EXPLOSIONS IMMÉDIATEMENT PRÉCÉDÉES DE L'OUVERTURE DE LA SOUPAPE DE SURETÉ

Je rappellerai d'abord que l'explosion de la chaudière d'Essonnes pourrait être classée dans ce chapitre, car la soupape venait de s'ouvrir quand elle arriva.

Une chaudière construite pour produire de la vapeur à basse pression, fit explosion, au milieu d'un atelier de Lyon, immédiatement après qu'on eut ouvert un large robinet de décharge par lequel la vapeur commençait à s'échapper avec rapidité. Ouvrir le robinet ou soulever la soupape de sûreté, c'est évidemment tout un : l'explosion, dans ce cas, fut donc déterminée par une manœuvre qui généralement semble devoir la prévenir.

Ce fait, quelque étrange qu'il puisse paraître, sera certainement adopté de confiance, quand je dirai qu'on en doit le récit à M. Gensoul de Lyon, et, de plus, que cet habile ingénieur en a été témoin.

i, dans un cas extrême, comme celui que je viens de
porter, l'ouverture d'une soupape peut amener la
ure de la chaudière, il doit arriver fréquemment que
e ouverture, sans occasionner aucun accident, déter-
e cependant une augmentation sensible et brusque
s la force élastique de la vapeur. Le phénomène, dans
limites, peut être étudié sans trop de danger. Je sais
à Lyon l'expérience a été tentée, et que sur une petite
udière à haute pression, dès qu'on ouvrait un large
inet de décharge, la soupape de sûreté se levait. Je
s dire qu'à Paris, Dulong et moi, nous avons tou-
rs vu au contraire une diminution de tension accom-
gner l'ouverture des soupapes; mais je n'en regarde
moins l'expérience de Lyon comme certaine, puis-
elle a pour garants M. Tabareau, directeur de l'École
la Martinière, et M. Rey, professeur de chimie. Les
ses probables de ce désaccord, que je signalerai plus
, montreront peut-être comment on peut prévenir le
re particulier d'accidents auquel cette Notice est
sacrée.

## CHAPITRE VIII

### ÉCRASEMENTS INTÉRIEURS DES CHAUDIÈRES

Les chaudières construites avec des plaques malléables
fer ou de cuivre, celles surtout qu'on a destinées à
vailler sous une faible pression, éprouvent dans quel-
es circonstances des accidents qui sont précisément
verse de ceux dont nous venons de nous occuper.
Ces chaudières, quelquefois, s'écrasent complétement

par une flexion subite de leurs parois, qui s'opère de dehors en dedans. Les villes de Lyon et de Saint-Étienne ont été naguère le théâtre de plusieurs accidents de ce genre, contre lesquels il importe de se prémunir, ne fût-ce que pour ne pas voir des ateliers considérables réduits tout à coup à une complète inaction.

Les petits cylindres des chaudières à foyer intérieur, s'écrasent aussi de temps en temps. Leurs parois ne pouvant pas, dans certaines circonstances, résister à la pression de la vapeur contenue dans l'espace annulaire, cèdént et s'aplatissent tout à coup. Or, comme ce mouvement ne saurait avoir lieu sans que le métal se déchire quelque part, l'eau bouillante se répand par torrents dans les ateliers environnants et produit souvent de grands malheurs. M. John Taylor, membre de la Société royale de Londres, me fournira un exemple de ce genre d'accidents.

Dans le Flintshire, aux Mold-Mines, il y a une immense machine à feu, alimentée par trois chaudières à foyer intérieur. Un jour, la machine était arrêtée depuis cinq minutes; le contre-maître avait déjà levé les portes des foyers des trois chaudières et fermé les registres des cheminées de deux; il s'occupait à faire la même opération sur la troisième cheminée; mais à peine la plaque métallique fut-elle en place, qu'il vit une bouffée de flamme s'élancer du foyer vers l'atelier, et une explosion suivit immédiatement. Deux ouvriers, qui se trouvaient malheureusement placés dans la direction suivant laquelle s'élança l'eau bouillante, périrent sur-le-champ.

Un examen attentif de la chaudière montra que le

cylindre extérieur n'avait ni bougé ni éprouvé de dommage. On reconnut même que le poids suspendu au levier de la soupape de sûreté était encore à sa place après l'accident. Le petit cylindre n'avait pas éprouvé non plus le mouvement de translation qui, dans ce genre de chaudières, est quelquefois la suite des explosions; mais il s'était tellement aplati, dans une grande partie de sa longueur, par le rapprochement des parois latérales, qu'il restait à peine assez de place pour y introduire la main.

Au premier coup d'œil, on peut trouver étrange que j'aie placé un écrasement de chaudière dû à un excès de force de la vapeur, à côté des accidents pour ainsi dire inverses dont il est question au précédent chapitre; mais on verra bientôt que ces deux genres d'effets, suivant toute apparence, ont une semblable origine.

## CHAPITRE IX

### ACCIDENTS PARTICULIERS AUX CHAUDIÈRES A FOYER INTÉRIEUR

Pour peu qu'on ait réfléchi sur les causes nombreuses qui peuvent amener l'explosion d'une chaudière, et sur les combinaisons diverses dont elles sont susceptibles, on reconnaît bientôt à quel point il serait inutile de rechercher à cet égard des règles invariables. On doit remarquer cependant qu'en général la forme de la chaudière est la cause prépondérante, et que c'est elle qui, le plus ordinairement, détermine le genre de l'effraction. C'est en ce sens surtout que les tableaux détaillés et complets

des accidents qui arrivent journellement auraient une grande utilité. Grâce aux précieux renseignements qu'a publiés il y a deux ans M. John Taylor, on peut déjà dire, par exemple, que dans les chaudières à foyer intérieur ou à cylindres concentriques, ce sont les parois du petit cylindre qu'il faut considérer comme la partie faible.

Après l'explosion presque simultanée de deux chaudières, à la mine d'étain de Polgooth, on trouva que les cylindres intérieurs de l'une et de l'autre, étaient tordus sur eux-mêmes et crevassés dans un grand nombre de points.

A la mine d'Est-Crennis, le petit cylindre s'était non-seulement aplati par le rapprochement de ses parois supérieure et inférieure, mais il avait même été lancé hors de l'atelier avec beaucoup de force, sans que le grand cylindre qui l'enveloppait eût bougé, et sans qu'on y remarquât aucune avarie importante. On a dans le chapitre précédent vu un autre exemple, encore plus remarquable, de déformation et de rupture complète du petit cylindre d'une chaudière avec invariabilité du cylindre enveloppe.

## CHAPITRE X

### EXPLOSION PRÉCÉDÉE D'UN GRAND ÉCHAUFFEMENT DES PAROIS DE LA CHAUDIÈRE

Un échauffement trop considérable de la portion de chaudière qu'on appelle le réservoir à vapeur, peut donner lieu à des accidents. La fonderie de Pittsburg, en Amérique, en fournira un exemple.

Dans cet établissement, une machine à haute pression de la force de 80 chevaux, recevait la vapeur de trois chaudières cylindriques séparées, ayant chacune 76 centimètres de diamètre et 5$^{m}$.5 de long. On s'était aperçu depuis assez longtemps qu'à cause de quelque défaut dans un tuyau aboutissant à la pompe alimentaire, l'une de ces chaudières ne recevait pas assez d'eau et devenait rouge; mais comme la vapeur fournie par les deux autres était suffisante, on crut pouvoir se dispenser de réparer le mal. Or, il arriva qu'un jour la chaudière rouge fit explosion, que sa majeure partie se sépara de l'une des extrémités, qu'elle partit comme une fusée sous l'angle d'environ 45°, traversa le toit du bâtiment et alla tomber à 183 mètres de distance.

## CHAPITRE XI

### EXPLOSION D'UNE CHAUDIÈRE EN L'AIR

On a rarement des détails bien précis sur les circonstances dont les explosions des machines à vapeur sont accompagnées, soit parce que ces accidents arrivent inopinément et durent à peine quelques dixièmes de seconde, soit parce que les témoins en sont presque toujours victimes. Une inspection attentive des localités, de la forme, de la masse et de la distance des débris, fera souvent connaître quelle partie de la chaudière a dû céder la première, avec quelle vitesse les fragments ont été projetés; mais ordinairement on sera forcé de s'arrêter là. Il importe donc de recueillir avec soin tout ce que

d'heureux hasards pourront nous apprendre de plus, sur des accidents si fâcheux et si dignes d'être étudiés. Je m'empresse donc d'extraire d'une lettre de M. Perkins, le fait qu'on va lire, et qui j'espère ne paraîtra pas dépourvu d'intérêt.

« J'ai eu connaissance, m'écrivait cet habile ingénieur, d'une explosion qui se trouva précédée de la formation d'une fissure par laquelle la vapeur s'échappait avec une énorme vitesse. Malgré cette soupape de sûreté improvisée, la chaudière fut détachée de la maçonnerie sur laquelle elle reposait, soulevée en masse à quelques mètres du sol, et c'est en l'air qu'eut lieu l'explosion qui la partagea en deux. La moitié supérieure s'éleva très-haut; l'autre retomba aussitôt sur le sol avec un grand fracas.

Je me trompe fort, ou les mêmes circonstances ont dû se rencontrer dans l'explosion de Lochrin (ch. III, p. 120).

Appuyé sur les faits dont on vient de lire la relation, il nous reste maintenant à rechercher quelles sont les causes diverses qui ont pu amener tant d'accidents et les moyens d'en prévenir le retour.

## CHAPITRE XII

### NÉCESSITÉ DES SOUPAPES DE SURETÉ; SOUPAPES DE PAPIN; LEURS DÉFAUTS; ACCIDENTS QU'ELLES PEUVENT PRÉVENIR

Flurence Rivault, Salomon de Caus, le marquis de Worcester, avaient déjà remarqué en 1605, en 1615 et en 1663, ainsi qu'on a pu le voir dans ma Notice historique sur l'invention de la machine à vapeur (p. 106), qu'un vase contenant de l'eau, quelque fortes que fussent ses

parois, se brisait indubitablement en éclats quand on le laissait un temps suffisant sur un feu bien vif, à moins qu'une certaine ouverture ne donnât passage à la vapeur à mesure qu'elle était engendrée. La malheureuse expérience de M. Steel, à Lyon, a du reste trop bien montré la vérité de cette opinion (voir p. 123).

La température qui amène ainsi la rupture d'un vase dépend de la forme et des dimensions qu'on lui a données, de la ténacité et de l'épaisseur de ses parois. Si dans chaque circonstance on était certain de ne pas dépasser un degré de chaleur fixé d'avance, toute autre précaution deviendrait inutile; mais dès qu'on a vu une seule fois comment se charge un grand fourneau ordinaire, dès qu'on a remarqué à quel point la combustion dépend, je ne dis pas seulement de la nature du charbon, mais encore de son morcellement, de sa répartition plus ou moins uniforme sur la grille, voire même des circonstances atmosphériques, on renonce bien vite à l'idée de puiser dans le foyer des moyens de sécurité contre les explosions.

Nous devons donc partir de la supposition qu'une chaudière complétement fermée, dont l'épaisseur ne serait pas énorme (et il y aurait des inconvénients de plus d'un genre à dépasser, sous ce rapport, certaines limites), renfermera de temps à autre une vapeur d'une élasticité supérieure à celle que la résistance de ses parois pourrait vaincre. Éviter que cela n'arrive est cependant le seul moyen d'empêcher les explosions.

La soupape imaginée par Papin, semble couper court à toute difficulté.

Cette soupape, je l'ai déjà expliqué (p. 75), se compose d'un trou de 1 centimètre carré, par exemple, pratiqué à la paroi supérieure de la chaudière, et sur lequel on a déposé une plaque métallique chargée d'un certain poids. N'est-il pas évident que le trou restera fermé tant qu'intérieurement la pression de la vapeur sur 1 centimètre carré, sera inférieure au poids de la soupape augmenté de celui de l'atmosphère, et qu'aussitôt qu'elle deviendra plus forte, la plaque devra se soulever et donner un libre passage à la vapeur?

Cherchons maintenant comment il peut arriver qu'un moyen si rationnel, si simple, d'une exécution si facile, ne soit pas infaillible.

La plaque de la soupape se soulève au moment où le poids dont elle est chargée devient inférieur à la pression de la vapeur; mais pour empêcher toute augmentation de tension dans la chaudière, cela ne suffit pas : il faut en outre que la fuite par la soupape égale au moins l'excès de production. La perte de vapeur dépend du diamètre de l'ouverture; or, celle qui ordinairement satisfait à tous les besoins peut être beaucoup trop petite lorsque des circonstances rares amènent la transformation presque subite d'une grande quantité d'eau en vapeur. Dans ce cas, la soupape diminue le mal, mais elle ne le prévient pas; elle est, qu'on me passe la comparaison, comme le lit de ce torrent qui suffit à l'écoulement des eaux dans les temps ordinaires, tandis qu'à la suite d'un orage, ses rives se trouvent beaucoup trop resserrées. Si des difficultés d'ajustement et l'énormité des poids dont il faudrait alors faire usage, ne forçaient pas de se renfermer dans certaines

limites, il y aurait donc tout avantage à employer des soupapes à très-larges ouvertures. Sans pousser les choses à l'extrême, on pourrait, je crois, admettre qu'on s'en est tenu jusqu'ici à de trop petites dimensions. La justesse de cette assertion ne sera pas contestée par ceux-là surtout qui voudront bien se rappeler les curieux phénomènes récemment découverts dans l'écoulement des fluides par de petites ouvertures. On a trouvé, en effet, en présentant perpendiculairement une plaque libre, très-légère, à un courant de vapeur sortant par un petit trou pratiqué dans la paroi d'une chaudière à très-haute pression, qu'elle n'est pas toujours repoussée. Parvenue à une faible distance de ce trou, la plaque se trouve sollicitée à la fois par la vapeur, qui tend à l'éloigner, et par la pression atmosphérique dont l'action s'exerce en sens contraire : or, ces deux forces se faisant équilibre, la plaque est comme suspendue en l'air dans une complète immobilité. Je ne puis pas examiner ici comment il arrive que la vapeur perde, dans l'acte de son écoulement, une si énorme partie de sa force que la seule pression atmosphérique suffise pour contre-balancer ce qui en reste ; je me contente de dire, comme un fait, que la plaque libre s'écarte très-peu du trou ; que la même chose arrivera à la plaque de la soupape, et qu'ainsi au moment où elle se soulèvera, il sortira beaucoup moins de vapeur qu'on ne l'avait espéré quand on comptait sur un jet d'une largeur égale à celle de l'ouverture que cette plaque recouvrait.

M. Clément, qui a étudié ces phénomènes avec un soin tout particulier, y a vu la condamnation en dernier

ressort des soupapes à plaque mobile. L'arrêt peut paraître trop absolu; mais toujours est-il que le soulèvement partiel de la plaque est une difficulté de plus offerte aux méditations des constructeurs, et qu'il peut entrer pour une petite part dans les causes d'explosion, quand la soupape est mal construite.

Passons à des difficultés d'une autre espèce.

En France, d'après la législation en vigueur, toute chaudière en fonte, avant d'être estampillée, doit avoir supporté une pression intérieure cinq fois plus forte que celle qu'elle subira quand elle sera en action; cette pression d'épreuve est réduite du quintuple au triple pour les chaudières en cuivre et en fer laminé ou battu. Ces limites semblent bien larges et excitent même souvent les réclamations des constructeurs; nous allons voir cependant qu'elles sont loin d'offrir une garantie complète.

Tout le monde sait comment les épreuves se font; il me suffira de rappeler ici qu'on opère à la température ordinaire. Or, à cette température, les métaux ont plus de ténacité qu'à chaud. Quand on approche du terme de l'incandescence, la diminution est énorme. Des expériences de M. Trémery ont prouvé, par exemple, que la ténacité du fer forgé chauffé jusqu'au rouge sombre, n'est que la sixième partie de celle du fer froid. Si donc, par malheur, une certaine portion de la chaudière passait au rouge, on se trouverait très-près des limites de rupture, sans que la soupape s'ouvrît, et quoique, d'après les expériences faites à froid, on eût le droit de s'en croire très-éloigné.

Mais pourquoi, dira-t-on, ne pas faire une expérience

complétement décisive? pourquoi ne pas placer la chaudière dans les conditions sous lesquelles elle doit travailler? pourquoi, en un mot, ne pas substituer la vapeur à l'eau dans la production des pressions d'épreuve? On répondra d'abord qu'à l'aide d'une pompe l'expérience peut se faire en tout lieu, dans l'atelier même de l'ouvrier, avec très-peu d'appareil et de dépense; que l'épreuve à la vapeur, au contraire, exigerait pour chaque chaudière la construction d'un fourneau, un assez grand local, et que l'industrie est paralysée partout où on l'entoure de semblables entraves. Ajoutons que les spectateurs de l'épreuve à la pompe ne courent presque aucun danger, lors même que la chaudière éclate, mais qu'il n'en serait pas de même si, au lieu d'eau, elle renfermait de la vapeur. Les précautions qu'il faudrait prendre, dans ce dernier cas, pour garantir les expérimentateurs, ajouteraient beaucoup aux difficultés de ces essais préparatoires et à la dépense qu'ils entraînent. Ainsi, suivant toute apparence, les épreuves à l'eau, malgré les défauts que j'ai déjà signalés, malgré ceux dont il me reste à parler, continueront à prévaloir.

Lorsqu'on agit sur les parois d'une chaudière avec une pompe foulante, la pression intérieure s'accroît progressivement et par des degrés presque insensibles. On n'apprend donc rien, en opérant ainsi, sur les efforts que surmonteraient ces parois dans le cas d'un changement considérable et brusque; or, de tels changements peuvent avoir lieu quand la chaudière est en action.

Faut-il, enfin, remarquer que l'épreuve faite dans l'atelier de l'artiste, sur une chaudière neuve, montre seulement ce qu'elle vaut alors, et non ce qu'elle sera

après quelques semaines, après quelques mois de travail, lorsque des inégalités de température auront tiraillé le métal en tout sens et désuni ses fibres, lorsque la rouille l'aura altéré, etc., etc.?

On voit en résumé que, malgré la bonne construction et le bon état des soupapes de sûreté, il n'est pas impossible qu'une chaudière fasse explosion :

1° Parce que l'ouverture de la soupape peut ne pas être assez large pour donner passage à la vapeur qui se serait engendrée subitement et en grande abondance;

2° Parce que la chaudière a été essayée à froid, et qu'à chaud, surtout quand les parois parviennent à une température très-élevée, la ténacité du métal est fort amoindrie;

3° Parce qu'une augmentation brusque dans l'élasticité de la vapeur peut occasionner des ruptures là où une pression plus grande, mais produite graduellement, n'avait été accompagnée d'aucune circonstance fâcheuse;

4° Et enfin, parce que la chaudière se détériore assez promptement au feu, et qu'après un certain nombre de mois de travail sa ténacité est souvent fort affaiblie.

Les soupapes de sûreté, quelque bonnes qu'elles soient, ne doivent donc pas dispenser l'ingénieur d'éprouver sa chaudière de temps à autre; de prévenir, par tous les moyens en son pouvoir, des changements brusques dans l'élasticité de la vapeur, et enfin d'empêcher que jamais aucune partie des parois n'acquière une trop haute température.

J'ai supposé jusqu'ici la soupape en bon état; et, en effet, au premier coup d'œil il semble difficile qu'un appa-

reil aussi simple se dérange; mais si l'on remarque que la plaque mobile se rouille souvent, qu'elle contracte par là, et surtout durant le repos, une forte adhérence avec la paroi métallique fixe sur laquelle elle s'ajuste, on concevra qu'elle puisse ne pas bouger sous des pressions bien supérieures à celle que l'ingénieur avait fixée d'avance comme devant amener la fuite de la vapeur. M. Maudslay, dont l'habileté et la haute expérience sont bien connues, disait qu'une soupape de sûreté ne mérite plus ce nom dès qu'on l'a laissée une seule semaine sans la faire jouer; aussi voyait-on à côté de quelques-unes de ses chaudières un cordon placé à portée du chauffeur, et qui servait à soulever la soupape de temps en temps. On a même été jusqu'à produire ce mouvement à l'aide de plusieurs leviers dépendants de la machine; mais quand la chaudière en est un peu éloignée, ce moyen n'est guère praticable.

L'opération du chauffage est ordinairement confiée à de simples ouvriers, dépourvus de toute prudence, et qui, trop souvent, surchargent les soupapes, soit pour accélérer le travail quand des plaintes leur sont adressées, soit assez ordinairement pour faire parade de leur courage. On se met à l'abri de ce danger, le plus grand peut-être qu'on doive redouter, en adaptant toujours deux soupapes à chaque chaudière : l'une, entièrement libre, sert au chauffeur toutes les fois que la vapeur doit être évacuée; l'autre est renfermée sous un treillage dont il importe que l'ingénieur ou le propriétaire de la machine conserve seul la clef. L'emploi de la double soupape a été recommandé, presque unanimement, par les nombreux

ingénieurs que la chambre des communes appela devant elle dans l'enquête de 1817 ; en France, une ordonnance royale en fait une condition de rigueur. Peut-être pourrait-on exiger aussi que chaque chaudière se trouvât munie d'un mécanisme simple et commodément placé, à l'aide duquel le chauffeur pût reconnaître de temps en temps que la soupape n'a pas contracté d'adhérence : ceux qui ont un peu visité les ateliers des usines où l'homme manie même les agents les plus dangereux, savent bien, en effet, que les ouvriers s'astreignent difficilement à faire avec régularité les opérations dont il ne doit pas rester de trace, si elles donnent un peu de peine.

Un tableau analogue à ceux dont les navigateurs font usage et dans lequel le chauffeur serait tenu d'inscrire chaque jour à quelles heures les vérifications prescrites auraient été faites, préviendrait, je crois, bien des oublis, et par suite beaucoup d'accidents.

## CHAPITRE XIII

### PLAQUES FUSIBLES

Dès qu'il fut constaté que les soupapes ordinaires se dérangent quelquefois, qu'elles n'offrent pas un préservatif infaillible, on proposa de les remplacer par un appareil d'une tout autre espèce, et dont l'action ne pût jamais être incertaine. Ce sont les soupapes à alliage fusible, déjà indiquées dans ma Notice historique (p. 77).

Pour bien comprendre l'utilité de ces soupapes, il faut savoir qu'il est possible que la vapeur d'eau ait une très-

haute température et peu de ressort, mais qu'il n'arrive jamais, au contraire, qu'une grande élasticité ne soit pas accompagnée d'une forte température.

On a vu que Dulong et moi nous avons déterminé expérimentalement (chap. II, p. 118), par quelles températures minima la vapeur peut acquérir des tensions d'une, de deux, de trois, de dix, etc., atmosphères. A l'aide de ces résultats, on saura que la température de la vapeur ne devra jamais s'élever au delà de tel degré du thermomètre, lorsqu'on aura décidé de ne pas dépasser telle ou telle autre tension. Si l'on applique donc sur une ouverture de la chaudière, une plaque formée avec un alliage de plomb, d'étain et de bismuth, dont les proportions aient été tellement choisies qu'il se fonde à la température limite déterminée d'avance, il semble impossible que cette température soit jamais dépassée, puisque aussitôt qu'on y arrive la plaque doit couler et donner passage à la vapeur.

En France, une ordonnance royale exige que toute chaudière soit munie de deux plaques fusibles de grandeurs inégales. Le point de fusibilité de la plus petite est de 10° supérieur à la température de la vapeur saturée ayant une élasticité égale à celle dont la vapeur motrice doit être douée dans le travail ordinaire. La seconde plaque se fond 10° plus haut que la première.

Quoiqu'on puisse citer divers cas dans lesquels les plaques fusibles ont probablement empêché des explosions et prévenu de grands malheurs, la plupart des constructeurs les emploient à regret, et préféreraient de beaucoup les soupapes ordinaires, dont au reste leurs machines

doivent aussi être pourvues. Examinons donc les objections qu'elles ont fait naître.

On a dit d'abord que ces plaques, accusant seulement la température et nullement la pression, peuvent se fondre quand la vapeur, d'ailleurs très-chaude, a fort peu d'élasticité ; mais si l'on examine dans quelles circonstances la vapeur intérieure peut n'être pas saturée d'humidité, on trouve que c'est uniquement lorsque l'eau manque et qu'une partie des parois de la chaudière est devenue très-chaude, peut-être même rouge ; or, dans ce cas, une explosion est imminente ; cette première objection semble donc tomber à faux.

La plaque n'arrive pas au terme de sa liquéfaction sans s'être un peu ramollie ; ainsi, il est à craindre qu'elle n'éclate sous une tension très-inférieure à celle qui déterminerait sa fusion. A l'origine, cela avait lieu en effet ; mais depuis qu'on recouvre la plaque d'une toile métallique à mailles un peu serrées avant de la fixer par des boulons au tuyau qu'elle doit fermer, la difficulté a disparu. Il se forme bien encore çà et là quelques boursouflures quand on approche du degré de la fusion ; mais c'est seulement très-près de ce degré, l'expérience l'a montré, que la plaque cède, est projetée de bas en haut, et ouvre un libre passage à la vapeur.

Quand la plaque fusible a disparu, toute la vapeur s'échappe par l'ouverture qu'elle fermait. Le temps de la remplacer, de remplir de nouveau la chaudière et de la chauffer, pourrait être assez long ; or, pendant ce temps-là, rien ne saurait marcher. Sur un bateau à vapeur, près des côtes et particulièrement au moment d'entrer dans

un port, une absence subite de la force motrice amènerait les plus fâcheux accidents. Cette difficulté est grave et très-réelle; peut-être même est-ce là la vraie raison qui a empêché nos voisins d'adopter les plaques fusibles, et leur a fait préférer les soupapes ordinaires. Celles-ci, en effet, ne laissent jamais sortir toute la vapeur. Si elles s'ouvrent, c'est seulement quand la tension a dépassé un certain terme; or, comme elles retombent nécessairement dès qu'en s'affaiblissant peu à peu l'élasticité est rentrée dans les limites fixées d'avance par l'ingénieur, la force motrice ne peut jamais manquer entièrement.

Les partisans des plaques fusibles mettaient au premier rang, dans les avantages dont ils les croyaient douées, l'impossibilité physique de les altérer : avec ce genre de soupapes, disaient-ils, on est entièrement à l'abri des imprudences des ouvriers. Il est très-vrai qu'alors toute surcharge, dans le sens littéral de ce mot, serait inutile; mais quand les chauffeurs veulent pousser le feu plus que de coutume, ils savent très-bien, pour prévenir la fusion de la plaque, diriger sur sa surface un courant continu d'eau froide, en sorte que de ce côté on pourrait bien n'avoir rien gagné.

## CHAPITRE XIV

### LAMES MINCES

Une soupape de sûreté, celle de Papin comme la plaque fusible, n'est autre chose, tout bien considéré, que l'affaiblissement artificiel d'une certaine partie des parois de la chaudière. Cet affaiblissement, on a proposé

de l'opérer en recouvrant de petites ouvertures faites *ad hoc*, avec des plaques de métal laminé dont l'épaisseur devait être calculée de manière qu'elles se rompissent sous des pressions d'une, de deux, de trois,... de dix atmosphères, suivant qu'on aurait arrêté de ne pas dépasser dans le travail deux, trois, quatre,... onze de ces pressions. Il est évident que les éclats d'une plaque aussi petite et aussi mince n'occasionneraient jamais d'accident grave.

Ce moyen, quelque spécieux qu'il puisse paraître, a été très-rarement employé, soit parce qu'il n'est pas très-aisé de déterminer expérimentalement, pour chaque diamètre du trou, l'épaisseur de la lame qui amènerait la rupture à telle ou telle autre pression donnée; soit parce qu'on ne pourrait pas répondre d'avoir toujours des lames identiques. La lame mince, quand elle est en place, se trouve plus que la plaque fusible hors des atteintes des ouvriers; on pourrait, il est vrai, l'affaiblir, mais jamais la fortifier, et cela est l'important. A cet égard, les lames minces sont préférables aux plaques fusibles; mais malheureusement elles ont, comme ces plaques, l'inconvénient de laisser échapper toute la vapeur quand elles éclatent.

## CHAPITRE XV

### SOUPAPE MANOMÉTRIQUE

Le tube manométrique, dont j'ai parlé plus haut (chap. VII, p. 128), fait aussi l'office de soupape de sûreté; il est même, sous ce rapport, bien préférable et aux soupapes

ordinaires et aux plaques fusibles. La soupape ordinaire n'indique rien tant qu'elle ne se lève pas; la plaque fusible, tant qu'elle ne se fond pas. Le chauffeur apprend tout à coup qu'on est arrivé à la pression limite qu'il importe de ne pas dépasser, mais il n'avait point été averti qu'on en approchait. Le manomètre, au contraire, lui donne à chaque instant la mesure de l'élasticité de la vapeur; il parle également bien, si je puis m'exprimer ainsi, sous une faible et sous une forte pression.

La plaque de la soupape ordinaire peut avoir perdu toute mobilité sans qu'on le sache; tandis que s'il arrivait, par hasard, que des impuretés vinssent à boucher le tube manométrique, la complète immobilité du mercure le montrerait à l'instant : il est clair, en effet, que dans un appareil aussi grand qu'une chaudière, et d'où la vapeur s'échappe par bouffées, l'élasticité ne saurait être parfaitement constante. Or, dès que la chaudière et le manomètre communiquent, toute fluctuation de la vapeur produit une oscillation dans la colonne mercurielle.

Les manomètres à mercure doivent donc être considérés comme les meilleures soupapes de sûreté qu'on ait inventées jusqu'ici, pourvu que leur diamètre soit suffisamment grand. Toutes les fois qu'une longueur excessive ne les rend pas inapplicables, on pourra donc les regarder comme un préservatif assuré contre les accidents dont les soupapes ordinaires les mieux construites ou les plaques fusibles auraient garanti. Le lecteur connaîtra le motif de cette restriction, lorsque j'aurai montré tout à l'heure qu'il est des cas dans lesquels le soulèvement de la soupape peut être la cause de l'explosion.

## CHAPITRE XVI

### SOUPAPES INTÉRIEURES OU A AIR; LEUR OBJET

Au moment où l'on allume du feu sous une chaudière, l'espace que l'eau ne remplit pas renferme de l'air atmosphérique. Cet air, mêlé à de la vapeur, passe peu à peu dans la machine que la chaudière alimente, et à la longue il est complétement expulsé. Les choses étant dans cet état, supposons que le travail soit interrompu et qu'on laisse tomber le feu; la vapeur se précipitera graduellement à mesure que le refroidissement fera des progrès, et après un certain temps l'espace qu'elle remplissait sera à peu près vide. Alors la chaudière se trouvera pressée de dehors en dedans par tout le poids de l'atmosphère, sans que rien à l'intérieur contre-balance cette action. Quand la condensation de la vapeur s'opère insensiblement, elle ne semble pas devoir donner lieu à des accidents, puisque les parois des chaudières les plus faibles ont dû résister dans les épreuves préparatoires à des pressions, dirigées il est vrai de dedans en dehors, mais qui n'étaient pas de moins de cinq atmosphères. L'événement au contraire pourrait être grave, si la condensation avait lieu brusquement : par exemple, si un jet d'eau froide venait à traverser la vapeur; alors l'action de l'atmosphère cessant d'être contre-balancée, en un instant presque indivisible, produirait l'effet d'une percussion sur toute l'étendue des parois de la chaudière, et déterminerait sans doute l'un de ces écrasements dont j'ai parlé précédemment (chap. VIII, p. 129).

C'est pour prévenir les accidents de ce genre qu'on a imaginé la *soupape intérieure*, connue aussi sous le nom de *soupape à air*. Cette soupape ne peut s'ouvrir que de dehors en dedans. Elle est maintenue par un ressort à spirale situé dans la chaudière, et dont la force surpasse à peine son poids; ou bien elle se trouve comme suspendue horizontalement à un levier extérieur, disposé de manière que la plaque vienne toucher tout juste les parois intérieures de l'ouverture qu'elle doit boucher. D'après cet arrangement, le ressort de la vapeur ne pourra devenir moindre que la pression atmosphérique, sans qu'aussitôt la soupape se baisse pour donner passage à l'air extérieur; ainsi, quand le travail viendra à cesser, on n'aura plus à craindre qu'il se forme un vide dans la chaudière. Il me semblerait plus difficile d'affirmer que le même artifice préviendra infailliblement tout écrasement des parois, car ces accidents, comme nous l'avons vu, sont le résultat d'un affaiblissement considérable et brusque dans l'élasticité de la vapeur. L'action graduelle d'une soupape peut bien, dans ce cas, amoindrir le mal à un certain point, mais elle ne saurait l'empêcher. Contre ce genre d'accidents il n'y a qu'un seul remède : il consiste à surveiller avec le plus grand soin les moyens d'alimentation, et à empêcher que jamais la chambre à vapeur de la chaudière ne soit subitement refroidie, comme cela arriverait, par exemple, si une grande quantité d'eau froide venait à se répandre sur ses parois.

Les écrasements des chaudières à foyer intérieur s'expliqueraient tout aussi aisément, si nous pouvions prouver que quelquefois il se forme subitement un vide dans le

incandescent s'échauffe énormément sans acquérir pour cela une grande tension, soit parce qu'elle n'est point saturée, soit par une autre raison que je donnerai plus bas.

Prenons la chaudière dans cet état. L'eau y est peu abondante, et une partie de la vapeur qui la presse a une température extrêmement élevée, mais une élasticité médiocre. Supposons que la soupape de sûreté vienne à s'ouvrir complétement ; une prompte fuite de vapeur en sera la conséquence. L'eau, déchargée du poids qui la pressait, s'élancera en écume dans toute la capacité de la chaudière : ce sera le phénomène qu'offre le vin de Champagne au moment où la bouteille est débouchée ; mais ici l'eau projetée par gouttelettes dans un gaz presque incandescent, se transformera subitement en une vapeur très-élastique, et la soupape, quoique entièrement ouverte, ne fournissant plus une issue suffisante, les parois de la chaudière devront se déchirer.

Il y a trois hypothèses dans cette explication. L'auteur suppose d'abord qu'à partir de la hauteur où elles ne sont plus baignées par l'eau, les parois de la chaudière peuvent acquérir une température très-élevée et la communiquer à la vapeur qu'elles enveloppent, sans que l'eau sur laquelle cette vapeur repose se ressente beaucoup de cet échauffement. Il admet ensuite que l'eau en ébullition est projetée de bas en haut, jusqu'à une certaine hauteur, sous la forme de mousse, dès que l'on supprime ou même dès que l'on diminue seulement beaucoup l'atmosphère élastique qui la pressait, pourvu que le changement se fasse subitement ; il imagine enfin que l'eau

ainsi disséminée dans une masse de vapeur surchargée de calorique, se transforme elle-même subitement en vapeur.

Je pense que personne ne refusera d'accorder le premier point. Quand un vase métallique placé sur un brasier ardent ne rougit pas, c'est que l'eau enlève continuellement la chaleur dont ses parois s'imprègnent et empêche qu'elle ne s'y accumule. La vapeur ne saurait évidemment produire cet effet au même degré. Si la flamme du foyer atteint la chaudière dans une partie située au-dessus du niveau de l'eau, cette partie pourra acquérir la chaleur rouge et la communiquer à la couche de vapeur voisine qui, à son tour, la disséminera aussitôt dans toute l'étendue de la chaudière où elle circulera en montant, c'est-à-dire dans l'espace non rempli d'eau, qu'on appelle *la chambre à vapeur*. Voici des exemples de ces effets : M. Moyle découvrit une fois, en visitant ses machines de Cornouailles, qu'une d'entre elles était si bien dans toutes les conditions dont je viens de parler, qu'une échelle en bois qui reposait par son pied sur le sommet de la chaudière avait pris feu. Un semblable événement arriva dans l'un des paquebots qui font la traversée de Liverpool à Dublin : une planche de sapin qu'on avait jetée accidentellement sur le couvercle de la chaudière, s'était enflammée. J'ai déjà rapporté l'événement de Pittsburg (ch. x, p. 132) : ici, comme on peut se le rappeler, l'ingénieur depuis assez longtemps avait vu qu'une des chaudières devenait rouge. Voici enfin, sur le même objet, une expérience directe de M. Perkins.

Une chaudière cylindrique de $1^m.22$ de long et de $0^m.30$ de diamètre, ayant été placée verticalement sur un

fourneau, la base fut entourée de feu qui s'élevait au tiers de la hauteur de la chaudière, tandis que l'eau, plus basse, ne baignait que le sixième de cette même hauteur. Il résultait de cet arrangement que deux sixièmes de la surface du vase recevaient immédiatement l'action du feu. L'un de ces sixièmes était au-dessus de l'eau, l'autre au-dessous. La soupape de sûreté, chargée d'environ une atmosphère, se trouvait sur le côté de la chaudière, à la moitié de sa hauteur. On remplaçait l'eau transformée en vapeur que cette soupape laissait échapper au fur et à mesure de sa fuite.

Un thermomètre plongé dans l'eau et descendant jusqu'au fond du vase, marquait 104° centigrades. Telle était aussi la température de la couche de vapeur placée à la surface de l'eau; mais au milieu de la hauteur de la chaudière, le thermomètre accusait 260° et le couvercle était rouge.

Ce premier point éclairci, je passe au second.

Il est des liquides qui, pendant leur ébullition, éprouvent quelquefois d'assez violents soubresauts. L'acide sulfurique, par exemple, est dans ce cas. Le lait est sujet au même accident, mais à un moindre degré. En examinant avec attention de l'eau qui bout vivement, on aperçoit de temps à autre de petites gouttelettes qui sont projetées assez haut. Tout cela dépend évidemment de la viscosité du liquide et de la difficulté qu'éprouvent les bulles de vapeur à se frayer un passage dans la masse qu'elles doivent traverser. Lorsque ces bulles emprisonnées sont très-nombreuses et qu'une forte pression exercée à la surface du liquide empêche seule leur ascension, on

conçoit que si la pression cesse tout à coup, le dégagement, au lieu d'être graduel comme dans les circonstances ordinaires, soit tumultueux ; que le liquide mousse comme les eaux gazeuses, qu'il devienne tout entier une espèce d'écume, mi-partie composée d'eau et de vapeur, et que par là son volume s'étant prodigieusement accru, il se répande dans toute la capacité de la chaudière. Une expérience directe, faite dans un vase transparent, montrerait bientôt entre quelles limites toutes ces déductions sont exactes ; mais, en attendant, on voit que l'analogie nous autorise à admettre, comme M. Perkins le fait, qu'en cas d'une subite diminution dans l'élasticité de la vapeur, l'eau peut sortir de son niveau et aller remplir toute la capacité de la chaudière.

Occupons-nous enfin de la troisième hypothèse de l'ingénieur américain : je veux dire de la brusque transformation de l'eau en fluide élastique. Ici des expériences directes nous serviront de guide.

M. Perkins ayant rempli d'eau un de ces cylindres métalliques qu'il appelle *des générateurs*, porta sa température à 260° centigrades. A côté de ce cylindre existait un récipient dans lequel il n'y avait point d'eau et qui renfermait seulement de la vapeur très-peu dense ; sa température était de 650° environ. Ces deux vases pouvaient communiquer par un tube intermédiaire qu'une soupape suffisamment chargée fermait ordinairement.

Cela posé, il est évident que lorsqu'à l'aide d'une pompe foulante on injectait un certain volume d'eau froide par l'un des bouts du générateur, la soupape de communication devait s'ouvrir à l'autre bout et donner

passage à un égal volume d'eau chaude qui pénétrait tout à coup dans le récipient pour s'y transformer en vapeur; or une soupape particulière dont ce récipient lui-même était armé, donnait le moyen de reconnaître si cette transformation s'opérait subitement.

M. Perkins affirme qu'en effet elle était instantanée; qu'à peine la pompe foulante d'injection avait agi, que la soupape de sûreté du récipient accusait des élasticités de quarante à cent atmosphères: quarante pour une médiocre injection, et cent dans le cas d'une injection abondante.

L'expérience que je viens de rapporter ne donnerait lieu à aucune difficulté, elle compléterait la théorie de M. Perkins, elle présenterait l'image fidèle de ce qui peut se passer dans une chaudière ordinaire, si elle avait été faite avec de l'eau à 100 ou 120 degrés centigrades. Au reste, comme 260°, température de l'eau employée, sont bien loin de correspondre à une élasticité de 100 atmosphères, il demeure toujours établi qu'une partie de cette eau est devenue instantanément de la vapeur; or c'est là, pour le moment, tout ce qui nous était nécessaire.

Observons, toutefois, qu'il ne résulte en aucune manière de l'expérience en question, que ce soit par l'influence de la vapeur rare, mais portée à la température du fer rouge, que l'eau devienne subitement de la vapeur très-élastique. Cette partie de l'opinion de M. Perkins, comme Dulong en a fait la remarque, se concilierait difficilement avec ce qu'on sait de la chaleur spécifique de la vapeur d'eau. Tout porte donc à croire que l'ingénieur américain a eu tort de nier l'action directe que les

parois incandescentes exercent sur le phénomène dont il s'est occupé.

Voyons, à présent, si, en partant de la production subite de vapeur comme d'un fait, on peut donner une explication satisfaisante de l'ensemble des événements extraordinaires que j'ai précédemment cités.

Quant à l'explosion de la chaudière de M. Gensoul (chap. VII, p. 128), elle se rattache si bien aux idées de M. Perkins, qu'elle semble être arrivée tout exprès pour les confirmer. On peut dire, en effet, qu'au moment de l'ouverture du robinet, l'eau déchargée tout à coup d'une grande partie de la pression qu'elle supportait, put s'élever jusqu'au couvercle, et qu'en traversant un vase à parois probablement très-échauffées, semblable en cela aux générateurs de M. Perkins, elle se transforma si brusquement en vapeur que le robinet n'offrit plus une ouverture suffisante.

Le même raisonnement s'appliquera à l'expérience de MM. Tabareau et Rey (p. 129), car leur chaudière étant fort petite et placée à nu sur un brasier de charbon, pouvait, comme je m'en suis assuré, être enveloppée par la flamme dans la portion que l'eau ne remplissait pas. Si nous n'avons pas trouvé, Dulong et moi, qu'une augmentation de pression suivît l'ouverture de la soupape, c'est que notre chambre à vapeur étant assez grande, et le trou de la soupape très-petit, il ne pouvait y avoir qu'une détente insensible et graduelle dans le ressort de la vapeur intérieure, et qu'en tout cas notre chaudière, établie avec soin sur un fourneau de maçonnerie, était exposée au feu dans la seule partie que l'eau remplissait.

Le ralentissement dans la marche de la machine, observé quelque temps avant l'explosion, soit à Essonnes, soit à Paris, soit en Amérique, me paraît également une conséquence de la théorie de M. Perkins. On a vu, en effet, que, d'après cette théorie, lorsqu'une explosion arrive, le niveau de l'eau doit avoir beaucoup baissé dans la chaudière, soit que la pompe alimentaire se trouve mal en ordre ou que le tuyau nourricier ait été engorgé; or, la quantité de vapeur produite dans un temps donné, étant en général proportionnelle à l'étendue de la surface métallique en contact avec le liquide, si tout se trouvait primitivement calculé de manière à fournir juste à la consommation, après la diminution de *surface de chauffe*, comme disent les constructeurs, il ne doit plus y avoir assez de vapeur pour donner aux appareils leur allure habituelle. Peut-être imaginera-t-on qu'à l'aide de l'excès de température que la vapeur produite va puiser sur les parois très-chaudes du couvercle de la chaudière, il y aura compensation; mais une considération très-simple prouvera qu'on aurait tort de compter sur cet effet. Dans un vase déterminé, la vapeur doit évidemment avoir partout la même élasticité. La couche inférieure, celle qui est en contact avec l'eau, a une tension déterminée par la température du liquide; la tension des couches supérieures, échauffées par les parois rouges dont elles sont entourées, ne pourra donc jamais surpasser celle de la couche basse. Ainsi, au total, la chaudière contiendra de la vapeur d'une densité inférieure à celle de la vapeur saturée de même élasticité, mais voilà tout.

Dans les idées de M. Perkins, au moment qui précède

l'explosion, c'est-à-dire au moment où la soupape s'ouvre, la vapeur se trouvait avoir atteint la tension limite sous laquelle la machine était destinée à agir; mais alors même le mouvement du piston devait être peu rapide, car de la vapeur plus chaude que les parois du corps de pompe, perd par voie de refroidissement une grande partie de son ressort.

Ce serait, je crois, une prétention bien vaine, que de vouloir déduire de l'explication précédente ou de toute autre théorie, la forme des lignes le long desquelles une chaudière se déchirera, le nombre et la grosseur des fragments, les directions dans lesquelles ils seront projetés, etc., etc. Tout cela, en effet, peut être modifié de mille manières par des circonstances qu'on aurait de la peine à saisir, alors même que le phénomène se développerait lentement sous nos yeux. Mais il arrive trop souvent que la ligne de rupture est régulière et horizontale, pour qu'il ne soit pas naturel de supposer qu'elle marquait la hauteur de l'eau sur les parois de la chaudière, et dès lors il devient curieux de rechercher comment, malgré les inégalités d'épaisseur qu'on y remarque souvent, cette ligne de niveau, par cela seul que le liquide en dessine le contour, semble devenir la ligne de moindre résistance. Si je ne me trompe, cette particularité pourrait être expliquée ainsi qu'il suit.

Dans l'instant indivisible qui précède l'explosion, la tension de la vapeur est considérablement et subitement affaiblie. A cela doit correspondre un mouvement de flexion de la chaudière de dehors en dedans; mais comme ce mouvement se fait d'une manière brusque, la partie

pleine l'éprouvera à peine, à cause de l'inertie du liquide, qui, évidemment, ne saurait être surmontée dans un temps extrêmement court.

Cette flexion de dehors en dedans se fera donc autour de la ligne de niveau du liquide intérieur comme charnière ; mais on a vu qu'un subit développement de vapeur très-élastique succède à l'ouverture de la soupape ; ainsi, après s'être contractée, la chaudière s'étendra tout à coup. Or, lors même qu'on admettrait qu'elle éprouvera simultanément ce second effet dans toutes ses parties, toujours est-il que le mouvement rétrograde sera très-faible au-dessous du niveau primitif de l'eau, par cela seul que le mouvement direct y avait été insensible. Le plan de ce niveau primitif tracera ainsi sur les parois de la chaudière la ligne où la première fois la flexion de dehors en dedans avait cessé de se faire sentir, comme aussi la seule ligne où dans l'oscillation rétrograde les parties contiguës du métal n'auront pas des mouvements pareils. Or il suffit d'avoir vu une seule fois avec quelle facilité les ouvriers brisent des lames des métaux les plus malléables, quand ils leur font éprouver subitement deux flexions contraires le long d'une certaine ligne, pour comprendre que la courbe où le niveau du liquide s'élève dans une chaudière, en tant qu'elle est aussi la charnière autour de laquelle les deux mouvements de flexion se sont opérés, doit être le plus ordinairement la ligne de rupture, quoique par l'épaisseur du métal, comme à Lyon, elle ne soit pas sur tous ses points la ligne de moindre résistance. Cette même ligne, au demeurant, et la remarque ne doit pas être omise, est celle où le métal, com-

mençant à s'échauffer plus que l'eau, partage la chaudière en deux zones de ténacités très-différentes.

J'ai insisté précédemment sur la rupture presque simultanée de plusieurs chaudières employées conjointement à l'alimentation d'une même machine à feu, comme sur un fait très-digne d'attention et dont il importerait de chercher la cause. Mais serait-il bien difficile de la trouver, si l'on admet, avec M. Perkins, qu'une explosion a presque toujours pour origine un grand abaissement du niveau de l'eau, et un échauffement extraordinaire des parois de la chaudière ? Ne pourrait-on pas dire qu'ordinairement ces conditions doivent se rencontrer à la fois dans les diverses chaudières? car, d'une part, c'est la même pompe qui les alimente, et, de l'autre, dès qu'un ralentissement se manifeste dans la marche de la machine, il est bien naturel que les ouvriers poussent vivement le feu dans chaque fourneau. Cela posé, supposons qu'une première chaudière éclate à la suite de l'ouverture de sa soupape. Le tube par lequel passait la vapeur de cette chaudière pour se rendre au corps de pompe, a dès cet instant son embouchure dans l'atmosphère ; or, chaque chaudière est surmontée d'un pareil tube, et tous aboutissent à un seul et même tuyau métallique. Par ce tuyau, la deuxième, la troisième, etc., chaudières, se trouvent ainsi en libre communication avec l'air ; la vapeur, qui les remplissait, suit rapidement cette large voie pour s'échapper, et, dans un temps inappréciable, les conditions d'effraction se rencontrent là comme dans la chaudière déjà brisée, sans qu'on ait besoin d'admettre que toutes les soupapes s'étaient ouvertes presque en même temps.

J'ai parlé (chap. XI, p. 133) d'une chaudière qui fit explosion en l'air. Suivant toute apparence, quand celle de Lochrin (p. 120) éclata, elle s'était aussi élevée de 4 à 5 mètres au-dessus de la maçonnerie qui la supportait. Quoique ce fait semble se rattacher également bien à plusieurs des théories qu'on a données des explosions, et que dès lors il ne puisse point nous diriger dans notre choix, il ne sera pas superflu de montrer comment celle de M. Perkins s'y applique sans effort.

On se trompait beaucoup quand on supposait qu'une chaudière composée de plaques malléables resterait nécessairement en place, quelque ouverture qui s'y formât. Cette erreur, dans laquelle étaient tombés, par exemple, plusieurs de ceux qui naguère s'occupaient des appareils à gaz portatif, pourrait être la cause de graves accidents. Il est bien vrai qu'un vase complétement fermé reste immobile, quelle que soit l'élasticité du gaz qu'il contient ; mais c'est qu'alors la pression en chaque point de l'enveloppe est exactement contre-balancée par la pression qu'éprouve le point opposé. Par l'effet de la pression sur la face supérieure, le vase tend à monter, et il monterait, en effet, en supposant cette pression suffisante, si l'on pouvait anéantir la force précisément égale qui, en même temps, pousse de haut en bas la paroi inférieure ; or, tout le monde doit voir que détruire brusquement cette paroi ou anéantir la force dont elle était le point d'appui, c'est tout un.

La force non contre-balancée qui engendre le mouvement dans tous les cas analogues au précédent, s'appelle *force de réaction*. C'est, par exemple, en vertu d'une force

de cette nature qu'une fusée s'élève dans l'air; car le gaz résultant de l'inflammation de la poudre trouve une paroi sur laquelle il peut agir vers la pointe de la fusée, tandis qu'à l'opposite, à la base du cône, la paroi manque.

Ces préliminaires établis, quelques mots vont suffire pour montrer comment, dans les idées de M. Perkins, une chaudière peut faire explosion en l'air.

L'explosion, suivant ce mécanicien, est toujours précédée d'un grand dégagement de vapeur. Quand c'est par la soupape, ordinairement placée dans le haut du couvercle, que ce dégagement s'opère, la force de réaction, loin de tendre à soulever la chaudière, l'appuie au contraire davantage sur sa base; mais si la fuite de vapeur a lieu de haut en bas par quelque fissure située vers les parois inférieures, la chaudière pourra être projetée suivant la direction opposée, car alors elle se trouvera dans les mêmes conditions qu'une fusée. Il suffira pour cela de douer la vapeur d'un ressort convenable. Ajoutons que les oscillations du liquide, suite de cet énorme bouleversement, ne pourront manquer d'amener, indépendamment des autres causes déjà signalées, la brusque production de vapeur dont l'explosion de la chaudière est la conséquence.

La théorie de M. Perkins, ainsi qu'on vient de le voir, rend un compte assez satisfaisant de toutes les explosions dont j'ai pu réunir les circonstances, et qu'un affaiblissement dans le ressort de la vapeur avait précédées; comme d'ailleurs elle n'emprunte à la physique aucune hypothèse que la science repousse, il semble qu'on doive se hâter, dès ce moment, sinon de l'adopter, du moins de prendre

les mesures de précaution qu'elle suggère. Ces mesures, au reste, sont très-simples :

Empêcher, par tous les moyens possibles, par exemple, à l'aide de plaques fusibles, qu'aucune partie de la chaudière ne devienne jamais rouge ou ne s'échauffe trop fortement ;

Donner conséquemment la plus grande attention, soit aux moyens d'alimentation, soit aux appareils dépendants de la chaudière, et à l'aide desquels on peut toujours savoir où se trouve le niveau de l'eau ;

Si, malgré les soins de l'ingénieur, les parois venaient à rougir en quelques points, éviter alors toute brusque ouverture des soupapes, ou des manœuvres analogues qui permettraient à la vapeur déjà produite de se répandre rapidement dans l'atmosphère ;

Enfin, éteindre le feu aussi rapidement qu'on le pourra.

### § 2. — Comparaison de l'explication de M. Perkins avec les théories que d'autres ingénieurs ont proposées; nouvelles causes d'explosions.

Quoique j'aie présenté avec beaucoup de détail et sous un jour favorable les idées dont on est redevable à M. Perkins, concernant les dangereuses explosions que, malgré le bon état des soupapes, les chaudières éprouvent trop souvent, je suis loin cependant de regarder cette explication comme tellement évidente qu'on ne puisse conserver aucun doute. Je vais donc réunir ici quelques aperçus sur le même sujet, que j'ai puisés dans les ouvrages imprimés ou manuscrits qu'il m'a été donné de consulter, et j'y joindrai l'indication de plusieurs causes

particulières d'explosion dont l'ingénieur américain n'a pas parlé. J'aurai ainsi rempli la tâche que je m'étais imposée : elle consistait à présenter le tableau le plus complet possible des connaissances qu'on a acquises sur les fâcheux accidents que la rupture des chaudières occasionne ; ceux qui se croiraient appelés à l'étendre sauront ainsi quel doit être leur point de départ.

L'un de nos plus habiles constructeurs de vaisseaux, M. Marestier, a donné pour le genre particulier d'explosions dont M. Perkins s'est occupé, une théorie qui, dans son ensemble, a quelque analogie avec celle de cet ingénieur; il est un point cependant sur lequel les deux auteurs diffèrent essentiellement.

M. Marestier, comme M. Perkins, admet que quelques instants avant l'explosion l'eau manque en partie dans la chaudière ; qu'une portion des parois destinée par le constructeur à recevoir directement l'action du feu, étant alors laissée à découvert, acquiert une haute température et peut même devenir rouge ; qu'au moment de l'ouverture d'une soupape ou d'une fuite accidentelle de vapeur, le niveau de l'eau monte, ainsi que nous l'avons déjà expliqué, soit à cause de l'espèce d'ébullition tumultueuse qu'amène l'affaiblissement de la pression intérieure, soit à cause de la flexion que la chaudière éprouve, au même moment, de dehors en dedans, et d'où résulte inévitablement une diminution dans sa capacité. M. Marestier suppose de plus que l'eau ainsi soulevée venant à toucher la partie des parois que la flamme du fourneau a portée au rouge, se transforme subitement en vapeur, et en telle abondance, que la soupape de sûreté ne suffit plus à son

dégagement. Dans les chaudières des bateaux, les grandes oscillations que les vagues font naître sont une cause particulière qui contribuera avec les autres à porter l'eau sur les parois rougies.

On se rappelle que, suivant M. Perkins, c'est la dissémination de l'eau dans de la vapeur rare, mais à une très-haute température, qui donnerait subitement lieu à un grand développement d'élasticité ; tandis que, d'après M. Marestier, ce serait l'arrivée de l'eau sur le métal rouge qui ferait naître tout à coup une énorme quantité de vapeur. Rien assurément, au premier coup d'œil, ne doit paraître plus raisonnable que cette dernière supposition ; mais dans l'étude des phénomènes naturels, il faut bien se rappeler, comme disait Fontenelle, « que dès qu'une chose peut être de deux façons, elle est ordinairement de celle qui semble la plus contraire aux apparences. » Il arrive, en effet, quelque bizarre que cela puisse paraître, qu'un métal porté au rouge-blanc semble très-peu propre à produire de la vapeur : si l'on dépose une goutte d'eau dans un vase métallique incandescent, elle est fort longtemps à se vaporiser, tandis que dans ce même vase médiocrement chaud elle disparaît sur-le-champ.

Dans une expérience de Klaproth, la seule que je citerai, une seule goutte d'eau jetée sur une cuiller de fer portée au rouge-blanc, employait 40 secondes à se vaporiser. Si après ce temps on laissait tomber une deuxième goutte, comme la cuiller s'était déjà refroidie, son évaporation complète n'exigeait que 20 secondes. La goutte qu'on versait après l'évaporation de la deuxième,

disparaissait en 6 secondes; une quatrième goutte en 4 secondes; une cinquième en 2 secondes; la sixième, enfin, s'évaporait dans un temps inappréciable.

Malgré ces curieuses observations, je l'ai déjà dit (p. 156), il semble que l'action directe des parois incandescentes d'une chaudière joue le principal rôle dans la transformation d'eau en vapeur dont l'explosion est la conséquence; mais, il faut le reconnaître, pour compléter sa théorie, M. Marestier devrait expliquer pourquoi l'eau de la chaudière se comporte tout autrement que les petites gouttes dans l'expérience de Klaproth. Si l'on trouvait, par exemple, qu'une goutte d'eau projetée avec force sur une surface métallique incandescente se vaporise sur-le-champ, tous les doutes auraient disparu et l'explosion de la chaudière rouge de Pittsburg (chap. x, p. 132) ne semblerait plus une anomalie pour laquelle il faudrait chercher de nouvelles causes. Au reste, je dois le remarquer en terminant, MM. Perkins et Marestier ne diffèrent que sur un point de théorie. Le fait de la transformation brusque de l'eau en vapeur, constaté expérimentalement par le premier, étant admis par le second, il importe peu, quant aux mesures de sûreté qu'il faudra adopter, que les parois incandescentes aient amené cette transformation, ou comme le suppose M. Perkins, ou comme l'admet M. Marestier. Dans l'une et dans l'autre hypothèse, il faudra empêcher la chaudière de rougir, et, si le cas se présente, éviter toute brusque ouverture des soupapes.

M. Gensoul, dont le nom est si honorablement lié aux progrès de l'industrie lyonnaise, explique tout autrement que MM. Perkins et Marestier les fâcheux effets qu'une

brusque ouverture des soupapes amène quelquefois. Voici un aperçu des idées de cet habile praticien :

Lorsqu'un tuyau métallique renferme un liquide très-fortement pressé, il suffit pour le rompre de frapper ses parois d'un petit coup sec, tandis qu'une augmentation de pression, même très-grande, aurait pu ne pas produire d'effraction, si elle avait eu lieu d'une manière graduelle et sans secousse. Ce fait est bien constaté; M. Gensoul croit pouvoir l'étendre aux chaudières. Suivant lui, quand les parois de ces grands vases ont été fortement tendues de dedans en dehors par la vapeur, le moindre choc doit les rompre, comme s'ils étaient remplis d'un liquide soumis à une grande pression; or, il pense pouvoir assimiler à un choc le vif mouvement de recul que la chaudière reçoit dans la partie de sa paroi diamétralement opposée à celle qui, tout à coup, livre passage à la vapeur. Si c'est, par exemple, la soupape du couvercle qu'on ouvre brusquement, ce sera le fond de la chaudière qui recevra le contre-coup; la secousse aura lieu sur la paroi de droite, si c'est par la gauche que la vapeur s'est échappée, etc., etc.

Cette ingénieuse explication fait naître plusieurs doutes. D'abord, il ne paraît pas évident qu'à égalité de pression intérieure, un choc doive produire un égal dommage sur deux vases dont l'un serait rempli d'eau et l'autre de vapeur : l'incompressibilité du liquide semble en effet pouvoir être ici de quelque importance. En second lieu, M. Gensoul suppose qu'avant l'explosion, la vapeur contenue dans la chaudière avait un très-grand ressort; et, au contraire, nous avons vu qu'il arrive souvent de tels

accidents au moment même où la marche lente des machines semblerait devoir inspirer toute sécurité. Ainsi, sous ce rapport, l'explication est au moins incomplète. Après cela, on ne saurait nier que dans tous les cas d'une rupture subite, la réaction de la vapeur ne doive jouer un rôle important, comme le croit l'habile ingénieur de Lyon. J'ai même indiqué, aux pages 162 et 163, le genre d'accidents que cette réaction pourra le plus ordinairement occasionner.

Quelques personnes, frappées de la grandeur et de l'instantanéité des effets qui résultent souvent des explosions des chaudières, se sont persuadé que la vapeur seule ne saurait les produire, et ont appelé à leur aide des gaz susceptibles eux-mêmes de faire explosion. Pourquoi, disent-elles, puisque dans les laboratoires de chimie on obtient le gaz hydrogène en faisant passer de la vapeur d'eau le long d'un tube de fer rougi au feu, pourquoi le même gaz ne s'engendrerait-il pas au sein de la chaudière où la vapeur est aussi quelquefois en contact avec des parois métalliques rougies? Voilà bien, nous l'accordons, le gaz produit. Mêlé à la vapeur, il passera avec elle dans le corps de pompe; or, comme il n'est pas susceptible de condensation, on ne l'évacuera qu'au prix d'une grande dépense de force, et les effets de la machine seront considérablement affaiblis. J'admettrai, si l'on veut, que c'est là l'origine de la perte de vitesse qui précède ordinairement la rupture de la chaudière dans le genre d'accidents dont nous nous occupons; mais cette rupture, enfin, comment arrivera-t-elle? L'hydrogène tout seul ou mêlé à de la vapeur d'eau ne saurait détoner.

Un mélange dans des proportions convenables d'hydrogène et d'oxygène est susceptible de faire explosion; mais comment rassembler ces deux gaz dans la chaudière? L'hydrogène était le fruit de l'oxydation du métal; l'oxygène, d'où proviendrait-il? Peut-être dira-t-on que c'est de l'air contenu dans l'eau d'alimentation; mais à cela je répondrai que l'eau est chaude, qu'elle renferme dès lors une quantité d'air fort petite, et, de plus, qu'au fur et à mesure de son dégagement, elle passe dans le corps de pompe avec la vapeur motrice. J'ajouterai, enfin, que l'oxygène de l'air se combinerait beaucoup plutôt avec les parois incandescentes de la chaudière que celui de la vapeur d'eau, et qu'ainsi, en cas de production d'un mélange gazeux, il se composerait, non d'hydrogène et d'oxygène, mais d'hydrogène et d'azote. Au reste, cette difficulté serait résolue qu'on ne serait guère plus avancé. En effet, un corps porté au rouge vif et l'étincelle électrique sont les seuls moyens que l'on connaisse de réunir brusquement les deux principes constituants de l'eau. Or des chaudières ont éclaté sans avoir atteint la température qui semble nécessaire pour produire une détonation. Reste donc l'étincelle électrique; mais où la prendrions-nous? Je n'ignore pas qu'en Amérique on a prétendu que l'explosion de la chaudière du bateau l'*Entreprise* de Savannah fut occasionnée par une décharge électrique à laquelle le courant ascendant de fumée qui sortait de la cheminée avait servi de conducteur; mais, en supposant le fait vrai, rien ne dit que la foudre trouva dans la chaudière un mélange gazeux à enflammer, et qu'elle n'agit pas là seulement comme elle

le fait d'ordinaire, c'est-à-dire en brisant en éclats les corps qui se trouvent sur son passage. Au reste, j'admettrai, si l'on veut, avec les partisans du système dont je viens de donner l'analyse, que l'étincelle électrique ait pu être une cause exceptionnelle d'explosion, qu'elle en soit une cause possible; mais j'aurai grand' peine à me persuader qu'on veuille sérieusement faire jouer un rôle à cet agent, je ne dis pas dans toutes, mais seulement dans la centième partie des explosions.

Découragés par la difficulté de réunir dans la chaudière même les deux éléments gazeux qu'ils voulaient faire détoner, quelques ingénieurs ont supposé qu'il n'y en avait qu'un, l'hydrogène, et que ce gaz, après une déchirure des parois, venant se mêler avec l'air du foyer, détonait. Ainsi l'inflammation du mélange explosif ne serait plus la cause première de la rupture de la chaudière, mais elle en aggraverait les effets : ce serait une explosion dans le foyer qui lancerait au loin, ou la chaudière tout entière, ou ses éclats et ceux du fourneau. Que dirai-je de ces idées, si ce n'est que je ne connais pas une seule explosion dans laquelle on ait pu s'assurer que de l'hydrogène engendré dans la chaudière avait contribué à la produire.

Examinons maintenant si, comme divers ingénieurs l'ont pensé, les éléments détonants ne pourraient pas se trouver naturellement dans le foyer même, et produire de fâcheux effets.

Suivant ces ingénieurs, l'hydrogène carboné serait fourni par le charbon de terre, comme dans les usines à gaz, et l'hydrogène pur, si c'était nécessaire, par la

décomposition de l'eau qui suinte entre les plaques imparfaitement assemblées de la chaudière et tombe sur le charbon. Quant à l'oxygène, sans lequel il n'y aurait pas de détonation, ils l'empruntent à cette portion assez grande du courant d'air ascendant qui traverse le cendrier sans être décomposée.

Quand on a vu ces brillantes colonnes de flamme qui, de temps à autre, apparaissent aux plus hautes cheminées d'usines, on ne saurait douter que les gaz qu'entraîne le tirage ne puissent quelquefois constituer des mélanges explosifs. Or, il suffit de supposer qu'un de ces mélanges se soit formé dans quelque encoignure du foyer pour qu'on ait tout à redouter de son inflammation. Si la détonation est un peu forte, il semble difficile, en effet, que les parois de la chaudière résistent et ne soient pas écrasées.

J'ai dit comment il était possible que des mélanges explosifs se formassent dans le foyer même; je dois ajouter que certains accidents n'ont pu évidemment tenir qu'à cette cause : je veux parler des explosions qui se manifestent sous des chaudières à évaporation entièrement ouvertes par le haut. Je tiens de mon illustre ami Gay-Lussac, qu'un fourneau de la raffinerie de salpêtre établie à l'Arsenal de Paris fut démoli en totalité par une explosion de cette espèce; la chaudière demeura intacte.

Pour prévenir ce genre d'accidents, il faut, autant que possible, éviter les coudes montants et descendants dans les conduits destinés à la fumée; car c'est principalement dans ces coudes qu'il peut se confiner des mélanges déto-

nants. Il est nécessaire aussi que le registre de la cheminée ne se ferme jamais hermétiquement, comme je l'ai expliqué ailleurs (chap. xvi, p. 150). Pour éviter, enfin, que le gaz du charbon se dégage sans brûler, il importe de maintenir des vides suffisants entre les barreaux de la grille. Si le charbon est bitumineux et collant, les différents morceaux se soudent les uns aux autres, et forment une croûte presque impénétrable à la flamme quand la couche est très-épaisse. Le foyer devient alors un véritable appareil distillatoire, donnant beaucoup d'hydrogène carboné et très-peu de chaleur. Charger la grille par petites couches de charbon n'est donc pas seulement un procédé économique, c'est encore une importante mesure de sûreté. Les chauffeurs qui, par paresse, encombrent les fourneaux de combustible, nuisent à la marche de la machine, l'exposent aux plus graves accidents, et compromettent leur propre vie : on ne saurait donc les surveiller avec trop de soin.

Me voilà presque parvenu au terme de ma tâche; il ne me reste plus qu'à signaler une dernière cause d'explosion qui n'est pas sans importance.

Il est bien rare que l'eau dont on se sert pour alimenter les chaudières soit pure. Le plus souvent cette eau contient des matières salines qui se déposent pendant l'ébullition, et finissent par former sur les parois intérieures une croûte pierreuse dont l'épaisseur va croissant chaque jour. Tant que cette croûte n'existait pas, la chaleur absorbée par le métal se transmettait très-rapidement à l'eau, et les parois de la chaudière n'acquéraient jamais une température très-élevée; mais dès qu'une

substance peu conductrice, comme le sont toutes les matières pierreuses, tapisse la chaudière, la chaleur ne parvient à l'eau qu'avec beaucoup de lenteur; les parois métalliques, recevant du foyer à chaque instant plus de calorique que le dépôt pierreux ne leur en enlève, deviennent de plus en plus chaudes et finissent même quelquefois par arriver à la température rouge; or, il faut remarquer que ce n'est pas là seulement l'occasion d'une grande perte de chaleur, car les métaux incandescents ayant très-peu de ténacité, les explosions deviennent alors imminentes. On apercevra d'ailleurs aussi sans difficulté combien il faut craindre, quand la chaudière est rouge, que l'eau comparativement très-froide qu'elle renferme, ne vienne à se répandre sur sa surface par quelque fissure de la croûte pierreuse. Dans cette circonstance, une chaudière de fonte craquerait probablement à l'instant; et quant aux chaudières composées de plaques malléables, si elles ne cédaient pas, elles éprouveraient du moins les tiraillements les plus fâcheux. J'ajouterai enfin que les portions métalliques qui rougissent, s'oxydent et se détériorent très-promptement. Comme exemple, je pourrais citer la chaudière destinée au chauffage d'un des plus grands monuments de la capitale, dont la paroi inférieure se troua dans la partie où, par mégarde, un ouvrier avait intérieurement laissé un chiffon.

On voit à quel point il importe que la chaudière soit bien nettoyée. Dans les bateaux à vapeur qui emploient de l'eau de mer, l'enlèvement du dépôt salin doit être effectué toutes les vingt-quatre heures au moins. Quand

l'eau d'alimentation est pure, on peut ne faire cette opération qu'à de grands intervalles. On ne saurait, sur cela, donner de règle générale; c'est à l'ingénieur à voir expérimentalement de quelle manière et avec quelle rapidité les éléments salins se précipitent des eaux qu'il est forcé d'employer. Depuis qu'il est reconnu que la fécule de pomme de terre et la drêche empêchent les dépôts pierreux de se former, on a proposé de jeter de temps à autre une certaine quantité de ces matières dans la chaudière; mais je ne sache pas que cet usage se soit encore beaucoup répandu.

Je placerai ici une Note que m'a remise, le 17 mai 1837, un des chimistes illustres qu'a possédés l'Académie des sciences, M. d'Arcet. Cette Note est relative à la théorie de la formation des croûtes pierreuses des chaudières à vapeur; elle est ainsi conçue :

« L'eau ordinaire, servant à l'alimentation des chaudières à vapeur, n'y augmente pas de densité en s'y concentrant par évaporation; au moins elle n'y augmente pas de densité, à beaucoup près, dans la proportion où cela devrait être à en juger d'après la quantité de substances salines contenues dans l'eau employée.

« J'ai souvent vu l'eau de chaudières à vapeur travaillant sans interruption depuis deux mois, ne marquer que zéro au pèse-liqueur. Voici probablement quelle est la cause de ce fait.

« Lors de la vaporisation de l'eau sous une certaine pression, il se forme du carbonate d'ammoniaque par suite de la décomposition des matières organiques; le carbonate d'ammoniaque décompose les sels terreux qui

laissent ainsi précipiter leurs bases; les sels ammoniacaux formés se volatilisent et sont éliminés avec la vapeur.

« Le sulfate de chaux, s'il est en excès, se précipite par suite de la seule concentration de l'eau.

« Le bicarbonate de chaux se sépare et tombe, en perdant, par le fait de la chaleur, l'excès de son acide carbonique.

« Quant aux sels à base de soude et de potasse, je pense qu'ils sont entraînés avec les sels insolubles et forment avec eux les combinaisons doubles et triples dont on connaît plusieurs exemples en minéralogie.

« Je ne sache pas que ce fait de la non-concentration de l'eau ordinaire dans les chaudières à vapeur ait été observé; je l'ai remarqué si souvent que je le regarde comme constant, au moins dans les limites indiquées au commencement de cette Note. »

Je ne dois pas terminer ce chapitre, dans lequel il a été si longuement question des moyens d'expliquer les explosions, sans faire remarquer que si je n'ai point séparé les chaudières à basse pression de celles où la vapeur possède une tension élevée, c'est uniquement parce qu'il m'a semblé qu'il n'y avait pas lieu à faire cette distinction. Qui ne voit, en effet, qu'au moment où l'accident arrive, toutes les chaudières sont à haute pression. J'ajouterai qu'il ne paraît nullement établi que les chaudières à pression élevée aient éclaté plus fréquemment que les autres; le contraire a même été soutenu par divers ingénieurs, au nombre desquels je puis citer MM. Perkins, Oliver Evans, etc. C'est un fait facile à comprendre, ainsi que je vais le montrer dans un dernier chapitre.

## CHAPITRE XVIII

### REMARQUES RELATIVES AUX PRÉTENDUS DANGERS DES MACHINES A HAUTE PRESSION

On a cru longtemps, beaucoup de personnes s'imaginent encore que les machines à vapeur à haute pression présentent plus de dangers d'explosion que celles à pression ordinaire. J'ai dû plusieurs fois combattre cette erreur, soit dans le sein de l'Académie des sciences, soit devant la Chambre des députés.

Dans l'état actuel de notre législation, les explosions qui peuvent dépendre d'une augmentation graduelle de la force élastique de la vapeur et du mauvais état des soupapes de sûreté, doivent être moins fréquentes dans les machines à haute pression que dans les machines à pression ordinaire. Le fait et le raisonnement se réunissent pour dissiper tout ce que ce résultat offre de paradoxal au premier aspect.

Une chaudière est aujourd'hui essayée à la presse hydraulique, sous une tension triple de celle qu'elle est destinée à supporter. Ainsi la chaudière d'une machine à basse pression est soumise à une épreuve de trois atmosphères évaluées en colonnes d'eau de 10 mètres de hauteur. La chaudière d'une machine à 10 atmosphères, subit une épreuve de 30, c'est-à-dire subit la pression d'une hauteur de 300 mètres d'eau.

Chacun comprendra maintenant que si l'inattention du chauffeur, une trop forte charge de charbon dans les fourneaux, une variation accidentelle dans la qualité du

combustible, des changements dans le tirage, peuvent faire passer inopinément la force élastique de la vapeur de 1 à 3 atmosphères, de 1 à la pression au-dessus de laquelle les épreuves préalables ne donnent plus aucune garantie contre les explosions, toutes ces circonstances isolées ou réunies seraient insuffisantes pour élever cette même force de 1 à 30. En effet, nous ne pûmes jamais, Dulong et moi, quoi que nous fissions, dépasser 24 atmosphères dans la chaudière qui servait à nos expériences sur la détermination des forces élastiques de la vapeur et des températures correspondantes (chap. II, p. 118). Quant aux explosions dépendantes des abaissements du niveau de l'eau et des retours subits du liquide, il est évident qu'elles ne sont pas de nature à se présenter plus souvent dans les chaudières à haute pression que dans les chaudières à pression ordinaire.

## CHAPITRE XIX

### NÉCESSITÉ DE LA SURVEILLANCE DES MACHINES A VAPEUR

Un de mes amis, après avoir lu les chapitres précédents, me témoignait la crainte qu'un tableau aussi détaillé des causes diverses qui peuvent amener l'explosion des chaudières, ne dégoûtât beaucoup de personnes des machines à vapeur. Si tel avait dû être réellement l'effet de cette dissertation, je me serais empressé de la supprimer; mais je ne pouvais partager ces appréhensions lorsque je me suis décidé à en publier la première édition dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes de* 1830, car

si on lit ce qui précède avec un peu d'attention, comme il m'est permis de le supposer, on trouvera, sans exception aucune, que chaque cause d'explosion signalée peut être évitée par des moyens simples et à la portée de tout le monde. Depuis longtemps on a reconnu combien il est dangereux de laisser des armes à feu dans les mains des enfants; or, pour moi, je crois tout aussi nécessaire de ne jamais confier la direction des machines à vapeur à des ouvriers maladroits, inexpérimentés et dépourvus d'intelligence. On se trompe beaucoup, lorsqu'on regarde ces machines comme des appareils qui, par cela seul qu'ils marchent ordinairement d'eux-mêmes, n'exigent presque aucun soin; Watt a fortement combattu cette erreur, et si ma Notice pouvait contribuer à la rendre moins commune, je croirais être bien récompensé de la peine que j'ai prise en l'écrivant.

Dès 1823 le gouvernement s'est préoccupé de la nécessité d'exercer une surveillance active sur les chaudières à vapeur et de prescrire quelques-uns des moyens de sûreté dont j'ai discuté l'efficacité dans cette Notice. Avant cette époque, on ne comptait en France qu'un petit nombre de ces appareils. Le décret du 15 octobre 1810 et l'ordonnance du 14 janvier 1815, relatifs aux établissements insalubres ou incommodes, ne s'étaient occupés de machines à vapeur, qu'ils désignaient sous le nom de pompes à feu, qu'en ce qui concerne les inconvénients de la fumée pour le voisinage. L'ordonnance du 29 octobre 1823 prescrivit plusieurs conditions de sûreté, mais seulement pour les machines dans lesquelles la force élastique de la vapeur dépasse deux atmosphères. Les règles

des épreuves préalables furent déterminées par les ordonnances des 7 mai 1828 et 23 septembre 1829, et par l'ordonnance du 22 juillet 1839 pour les chaudières des machines locomobiles employées sur les chemins de fer. L'ordonnance du 25 mars 1830 s'occupa spécialement de chaudières à basse pression, où la tension de la vapeur ne dépasse pas deux atmosphères. Toutes les mesures ainsi prises étaient insuffisantes. Le gouvernement comprit l'importance de régler la matière en s'entourant de toutes les garanties désirables ; il consulta l'Académie des sciences, d'abord sur l'emploi des rondelles fusibles, ensuite sur tous les moyens de sûreté. L'Académie, dans une matière si grave, ne pouvait se prononcer à la légère ; et n'ayant pas la possibilité de se livrer à des expériences indispensables pour apprécier certains systèmes, elle dut garder le silence. Une commission spéciale, nommée par le ministre des travaux publics, put se livrer aux recherches nécessaires, et c'est sur son rapport que la législation actuelle des machines à vapeur a été établie. Les ordonnances des 23 mai 1843, 15 juin 1844 et 17 janvier 1846 ont fixé toutes les mesures à prendre pour l'essai préalable, la conduite, l'entretien et la surveillance des machines fixes, des machines locomotives des chemins de fer et de celles des bateaux à vapeur. La plupart des dispositions que nous avions conseillées, nous sommes heureux de le dire, ont été adoptées par le gouvernement.

## NÉCESSITÉ D'ENCOURAGER

EN FRANCE

# LA CONSTRUCTION DES MACHINES

## A VAPEUR

---

### I

[Dans la séance de la Chambre des députés du 7 mai 1834, à l'occasion de la discussion du budget, M. Arago a pris la parole dans les termes suivants, extraits du *Moniteur* du 8 mai.]

Messieurs, le ministre de la marine demande une somme d'un million pour la construction de machines à vapeur. Je viens appuyer cette demande de mon vote, mais avec une condition : à savoir que ces machines seront exécutées dans les ateliers français, et d'après des marchés conclus avec concurrence et publicité.

Lorsqu'on voit les événements qui se succèdent, tout le monde sent l'urgente nécessité de s'occuper du sort des ouvriers, de leur créer des travaux, d'étayer des industries qui menacent ruine, et d'en former de nouvelles.

Je ne vois pas, Messieurs, que le ministre de la marine soit dans l'intention de faire exécuter ces machines en France. Il y a dans le rapport de la commission quelques phrases qui manquent de clarté; car on pourrait croire

qu'il en est autrement en lisant le passage conçu dans ces termes : « Afin d'encourager l'industrie française, la marine royale fait exécuter chaque année pour une somme assez considérable de machines à vapeur, entreprises par des mécaniciens du commerce. En 1835 on destine à ce genre de travaux un million de francs. »

On dirait par là que le ministre de la marine à l'intention de faire exécuter ces machines en France ; mais en lisant le chapitre VI, vous serez bientôt détrompés; vous y verrez en effet qu'on demande à M. le ministre de faire exécuter ces machines en Angleterre. Voici ce que contient ce chapitre : « De très-habiles constructeurs anglais, revenant aux principes de Watt et Boulton, préviennent les chances d'explosion si redoutables dans une marine militaire, en substituant presque partout à la fonte le fer forgé. »

Qu'il me soit permis de faire une observation sur cette assertion de M. le rapporteur, qui n'est rien moins que scientifique. Les explosions des machines ne peuvent avoir lieu que par l'effet des chaudières. Eh bien, il n'existe pas en Angleterre de machines dont les chaudières soient en fonte ; ainsi l'assertion du rapporteur ne peut avoir aucune valeur, attendu que personne en Angleterre n'emploie de chaudières en fonte. Il serait trop dangereux d'employer ces chaudières, dont l'explosion aurait de terribles effets, à cause de la grande masse des morceaux projetés. Personne n'a même songé à établir sur les bateaux à vapeur des chaudières en fonte. Pour qu'elles offrissent la résistance nécessaire, il faudrait leur donner une grande épaisseur qui augmenterait tellement

le poids de la machine qu'on ne pourrait plus la faire porter par un bateau avec son combustible.

A quoi donc peut-on faire allusion par ces prétendus perfectionnements qui détermineraient la marine à s'adresser aux ingénieurs anglais? Est-ce le corps de pompe qu'on ferait en fer forgé? Mais personne n'a pu y penser. D'ailleurs le corps de pompe n'est jamais sujet à faire explosion. Ainsi les améliorations sur lesquelles on se fonde pour nous dire qu'on commandera les machines à l'industrie anglaise sont imaginaires.

Je dis que vous devez faire les machines en France; vous avez des constructeurs d'un talent reconnu, que je ne saurais jamais assez signaler à la reconnaissance publique. Parmi eux, je citerai MM. Hallette, Saulnier et Cavé, qui ont travaillé déjà pour la marine et avec un grand succès.

Il est très-vrai qu'on leur a commandé des machines à vapeur pour la marine. Il est très-vrai que ces machines ont réussi; mais M. le rapporteur ne paraît pas avoir une grande bienveillance pour ces honorables et habiles fabricants. Les phrases d'éloges sont réservées pour des constructions exécutées au compte de la marine, pour des constructeurs anglais et pour l'établissement d'Indret. Je dis cependant qu'il est possible en France de faire de très-bonnes machines. Et qu'on ne vienne pas argumenter de la différence du prix; il diminue tous les jours, et il s'affaiblira de plus en plus lorsque vous occuperez davantage nos ateliers. Si vous ne commandez qu'une seule machine, le constructeur vous fait payer tous les outils dont il a eu besoin pour la confectionner. Si vous

en commandez deux, il est évident que cette mise de fonds pour les outils se répartira sur le prix des deux machines; si vous en demandez trois, le prix des outils ne sera plus que du tiers, comparé à ce qu'il aurait été dans le premier cas.

Il est extrêmement important que vous vous adressiez à nos constructeurs, parce que dès que vous leur assurerez un travail annuel, leurs prix deviendront de jour en jour plus modérés.

Veuillez remarquer ensuite, Messieurs, que le prix élevé des machines françaises provient en partie de circonstances qui dépendent entièrement de vous: c'est que vous interdisez l'entrée de la fonte, du fer et de la houille, que les constructeurs obtiennent en Angleterre à bien meilleur marché.

Il est très-vrai que les machines anglaises sont frappées d'un fort droit à leur entrée en France; mais ce droit n'est que pour les petites machines destinées aux particuliers, et presque jamais pour celles commandées par le gouvernement. A tort ou à raison, le gouvernement trouve toujours une amélioration considérable dans les machines qu'il veut introduire, et je dois vous dire que les règlements des douanes portent que lorsqu'une machine, par son genre de construction, présente une amélioration, qu'elle est destinée à servir de modèle, elle n'est pas soumise aux droits.

Eh bien, on ne citerait aucune grande machine qui ait payé les droits. La machine du *Sphinx*, la grande machine soufflante commandée pour l'établissement de M. Decazes, la grande machine de la gare de Saint-Ouen,

et en un mot toutes les grandes machines dont il me serait facile de compléter l'énumération, ont été exemptes de droit parce qu'on trouve toujours moyen d'y faire apercevoir un perfectionnement.

Je disais que nous avons de très-habiles constructeurs. Je voudrais, d'après cette considération, qu'il fût bien stipulé, bien convenu, soit par l'assentiment du ministère, soit par un vote de la Chambre, que les machines s'exécuteront en France.

Je dis que les précautions que je réclame ne sont pas superflues. En effet, je vais citer une circonstance où l'on a fait éprouver une grande injustice à un constructeur que j'oserais dire un homme de génie, à un homme de beaucoup de talent, qui a apporté dans l'emmanchement des différentes parties dont une machine à vapeur se compose des améliorations capitales. Il a été traité par le ministère de la marine d'une manière qu'il me serait bien pénible de qualifier, mais qui le sera suffisamment par les faits eux-mêmes que je vais exposer.

Il s'est trouvé un ingénieur des ponts et chaussées, homme de talent, de patriotisme, de persévérance, qui a eu la pensée de faire à la porte d'une très-petite ville de Bretagne, à Landernau, un établissement de machines à vapeur. Il s'est établi dans un champ; il a, en très-peu de temps, construit une manufacture, et dès le début il a voulu lutter avec les premiers constructeurs anglais. C'est M. Frimot. Il a construit d'abord une machine pour la marine dans cet atelier établi sans le secours d'aucun ouvrier anglais, avec des ouvriers qui jamais n'avaient entendu parler de machines à vapeur, ni

vu les outils très-compliqués qui servent à ce genre de construction.

Cette machine, que M. Frimot a construite pour un service d'épuisement, a été reçue avec applaudissement; elle fait à Brest un service journalier excellent. Quelque temps après (c'était sous le ministère de M. Hyde de Neuville), M. Frimot, encouragé par ces succès, demanda la permission de faire deux machines, chacune de 80 chevaux, pour un bateau à vapeur. Ce sont les plus grandes machines qu'on ait encore vues.

Il demanda à entrer en lice avec les plus célèbres constructeurs anglais. A cette époque, le ministère de la marine avait fait acheter en Angleterre, d'un habile constructeur de Liverpool, M. Sawcett, une machine qui, encore aujourd'hui, fonctionne sur *le Sphinx*, bâtiment qui jusqu'ici a été à la tête de notre marine à vapeur, et qui sous tous les rapports peut soutenir la comparaison avec les meilleurs navires anglais.

Ce fut alors que M. Frimot contracta un marché avec la marine. Remarquez, Messieurs, que je dis un *marché*, j'aurai plus tard à revenir sur ce mot.

Si la marine s'était associée aux expériences de M. Frimot, si elle avait consenti à entrer pour une part quelconque dans ses essais, je ne prendrais pas ici sa défense; car je ne crois pas que le gouvernement doive s'immiscer dans des expériences; il doit encourager, favoriser, récompenser largement, noblement, ceux qui ont fait des découvertes; mais il ne doit pas s'associer à des essais dont le succès paraît même certain. Enfin, M. Frimot passe un marché avec le ministère de la marine, il tra-

vaille avec des ouvriers tous français, pris dans la partie la plus reculée de la Bretagne, et construit une machine. J'oubliais de vous dire la condition du marché. La voici :

M. Frimot devait recevoir une certaine somme s'il faisait une machine qui marchât aussi bien que celle du *Sphinx*, qui eût le même poids et consommât la même quantité de charbon qu'en consomme *le Sphinx*.

M. Frimot, qui prévoyait qu'avec les améliorations qu'il avait conçues il parviendrait à obtenir plus encore qu'on ne lui demandait, stipula que, dans le cas où il réduirait le poids de sa machine, et qu'il obtiendrait une vitesse égale avec une moindre quantité de combustible, il lui serait alloué une prime. Cette condition était juste, convenable, et M. le ministre de la marine qui y souscrivit fit alors un acte honorable.

M. Frimot, après avoir construit sa machine et l'avoir installée à bord de *l'Ardent*, demande qu'il en soit fait une expérience comparative avec *le Sphinx*, comme il était convenu.

On lui oppose une fin de non-recevoir, on lui dit : « Des expériences ont été faites sur *le Sphinx* dans la Charente. Nous devons les prendre pour terme de comparaison des épreuves qui seront faites à Brest sur *l'Ardent.* »

M. Frimot représente qu'il peut ne pas croire à la vérité des expériences de Rochefort, et persiste à réclamer une comparaison directe et simultanée en pleine mer des deux bâtiments *l'Ardent* et *le Sphinx.*

Je ne vous mettrai pas sous les yeux, Messieurs, la correspondance qui s'est établie entre M. le ministre de la marine et M. Frimot. Cette correspondance vous affli-

gerait. M. le ministre de la marine, dont les sentiments patriotiques ne peuvent être mis en doute, a signé probablement sans les lire des dépêches dans lesquelles se trouvent des expressions que l'on ne saurait justifier lors même qu'elle seraient adressées à un valet, et c'est un homme de talent, un homme de génie que M. le ministre de la marine n'a pas craint de traiter avec cette rigueur, avec ce mépris.

Voici la suite de ce qui s'est passé : M. Frimot vient à Paris; il s'adresse au conseil d'amirauté, et ce conseil décide qu'il sera fait une épreuve comparative entre les deux bâtiments, *l'Ardent* et *le Sphinx*, dans des circonstances tout à fait semblables, attendu qu'on ne pouvait pas apprécier la marche des deux navires placés dans des circonstances entièrement différentes.

Ainsi le conseil d'amirauté annula les épreuves antérieures et les rapports de la commission qui les avait dirigées.

Voici les points qu'il y avait à constater : 1° la question de poids, 2° la question de vitesse.

La machine de M. Frimot pèse-t-elle moins que celle du *Sphinx*? — Elle pèse la moitié moins ; elle gagne cent tonneaux sur le poids de celle-ci.

Or, Messieurs, c'était une amélioration immense, et devant laquelle on aurait dû presque se prosterner. Qu'a-t-on fait, pourtant? On n'a pas daigné y attacher la moindre importance.

Reste la question de la vitesse. On fit l'expérience à Brest. Toute la population s'y intéressa, et cet émoi d'une population maritime est naturel. *L'Ardent* et *le*

*Sphinx* sont en présence. Ils partent; *l'Ardent* dépasse largement *le Sphinx*. Tout le monde en est émerveillé; on a été si souvent inférieur lorsqu'on a été en conflit avec les Anglais, que l'on est bien aise de remporter sur eux cette victoire scientifique.

Eh bien, ce résultat si national semble avoir contrarié la marine. En effet, un article du *Moniteur* du 6 novembre 1833 dit, et c'est honteux, que c'était une affaire de parti; qu'il n'était pas probable que *l'Ardent* allât aussi vite que *le Sphinx*; en d'autres termes, qu'il n'était pas probable, malgré le résultat de l'expérience constaté par tous les officiers de la marine de Brest et la population tout entière de cette ville, qu'un bâtiment construit en France sous les inspirations d'un ingénieur français marchât aussi bien que *le Sphinx*, c'est-à-dire qu'un bâtiment anglais.

Messieurs, ces expressions-là ont montré jusqu'à quel point l'administration était malveillante pour M. Frimot. Cette malveillance n'a fait que se développer dans la suite; en effet, M. Frimot ayant demandé qu'on lui délivrât un certificat constatant que dans la première épreuve son bâtiment avait marché mieux que *le Sphinx*, on le lui refusa; et cependant le ministre de la marine regardait cette expérience comme décisive, du moins quant à la vitesse; car dans une dépêche qu'il adressait à M. Frimot, il convenait que cette vitesse ne différait pas beaucoup de celle du *Sphinx;* elle avait été en fait plus grande.

M. Frimot demande ensuite que l'on fasse une expérience pour la vitesse et la consommation du charbon, mais en présence d'une commission supérieure. Là-dessus

survinrent des difficultés et une correspondance très-fâcheuse.

La première fois, comme je l'ai dit, le bâtiment français *l'Ardent* avait dépassé *le Sphinx*, c'est-à-dire le meilleur bâtiment de notre marine. La seconde fois, *l'Ardent* perdit quelque chose de sa vitesse.

Je dois rappeler que M. Frimot s'était engagé à obtenir la même vitesse que *le Sphinx*.

Eh bien, cette dernière expérience est la seule dont on ait voulu tenir compte.

Mais je vais dire quelques mots pour expliquer comment *l'Ardent* a perdu la seconde fois un peu de sa vitesse. Le jour où *l'Ardent* n'a pas suivi *le Sphinx*, on s'est écarté d'une condition capitale que je dois signaler à la chambre.

Vous savez, Messieurs, que lorsqu'on alimente les chaudières avec l'eau de mer, on est obligé de se débarrasser de l'eau avant qu'elle soit trop chargée de sel, de peur que la précipitation des substances salines ne détermine des dépôts, l'une des principales causes d'explosion. Il avait donc été convenu que l'eau serait renouvelée. Quand on effectue cette opération, la vapeur étant plus difficile à former, la force des machines est diminuée, et la vitesse du travail singulièrement réduite.

Eh bien, il était convenu que, sur *le Sphinx*, on renouvellerait l'eau comme sur *l'Ardent*. Or, M. Frimot, qui a scrupuleusement exécuté la condition de son côté, sait par son agent à bord du *Sphinx*, qui à cet égard a présenté son procès-verbal écrit, que l'eau n'a pas été renouvelée dans les chaudières de ce bâtiment; ce qui confirme

le mieux la vérité de cette protestation, c'est que M. Frimot a demandé à diverses reprises communication du procès-verbal officiel, et qu'on la lui a refusée. M. Frimot, en discussion avec l'administration de la marine, qui par humeur pouvait ne pas accueillir ses justes réclamations, a pensé qu'une demande appuyée par des députés appartenant à toutes les nuances d'opinion de cette Chambre, aurait plus de succès.

M. Frimot a demandé, sans obtenir de réponse, communication du procès-verbal officiel, de l'expérience faite à bord du *Sphinx* le jour où *le Sphinx* a eu un petit avantage de vitesse sur *l'Ardent*. Eh bien, on place M. Frimot dans l'impossibilité de demander justice même au conseil d'État; c'est là quelque chose de monstrueux; la législation n'a pas prévu qu'un ministre ne répondrait pas; M. Frimot ne peut donc pas s'adresser au conseil d'État pour se plaindre d'un déni de justice.

Enfin le procès-verbal n'a pas été communiqué; toutes les sollicitations des députés siégeant dans diverses parties de la Chambre ont été sans résultat. Vous voyez qu'il y a eu, de la part de l'administration, je le dis avec regret, mais enfin il y a eu, de la part de l'administration, envers un homme de mérite qui a créé, dans une localité presque sauvage, une fabrique superbe de machines à vapeur, une partialité qui a rendu indispensable la discussion qui a lieu aujourd'hui, et l'insistance que je mets à obtenir du ministre ou d'un vote de la chambre l'assurance que la somme d'un million servira à alimenter la fabrique française.

J'ai cité beaucoup de faits pour montrer que l'admi-

nistration n'avait aucune bienveillance pour M. Frimot. Je vais en citer un plus monstrueux encore. Vous savez qu'à la Révolution de juillet, toutes les branches de l'industrie et du commerce en général eurent beaucoup à souffrir. M. Frimot avait fait faire un bateau à remorquer; ce bateau était à Brest, il n'y avait aucune possibilité de l'employer à une nouvelle entreprise de remorquage sur la Seine. M. Frimot l'offre à la marine; l'amiral Roussin, qui sent combien il est utile au port de Brest d'avoir un remorqueur, fait l'acquisition de ce bateau au prix de 160,000 francs. Ce bateau est-il utile? il n'a pas servi beaucoup; mais il suffit d'une circonstance pour montrer qu'il pouvait rendre des services importants. Effectivement, il y avait, hors de la rade une frégate, qui faisait de vains efforts pour y pénétrer; le remorqueur alla à sa rencontre et la fit rentrer dans le port avec une vitesse de quatre milles à l'heure.

L'appareil de ce bateau paraissait si bon, si bien construit, que l'amiral Roussin, quand il partit de Brest pour aller dans le Tage, eut la hardiesse de sortir de la rade avec des vents contraires, se confiant à la puissance de ce bateau remorqueur. Il sortit, mais à sept ou huit lieues de la rade de Brest, le vaisseau *le Suffren* aborda le remorqueur, et fit quelques avaries dans le bâtiment et dans la machine; ces avaries furent évaluées à 10,000 francs par messieurs les ingénieurs de la marine de Brest. M. Frimot offrit de réparer son appareil; on ne le voulut pas. Ne vous imaginez pas qu'on l'ait installé à bord d'un autre bâtiment, ou qu'on l'ait soigneusement conservé dans un magasin; non, on l'a laissé en plein air, de sorte que

toutes les parties de la machine, qui étaient polies comme un miroir, comme si elles sortaient des mains d'un opticien, sont tellement détériorées, corrodées, qu'on ne pourrait plus vendre la machine que comme de la ferraille.

Je le répète, Messieurs, vous voyez d'après toutes ces circonstances, je n'en accuse pas M. le ministre, mais vous voyez qu'il y a dans l'administration de la marine une partialité en faveur des constructeurs anglais que nous devons combattre.

Il y a capacité, capacité très-grande chez nos constructeurs; il y a dans les ateliers même de M. Frimot des moyens excellents de satisfaire à tous les besoins de la marine; et cependant vous voyez comment les constructeurs français, si dignes d'encouragement, sont traités dans les bureaux du ministère de la marine.

Messieurs, en parlant des résultats obtenus par M. Frimot, j'ai signalé la diminution de poids de la machine de plus de la moitié; une diminution notable sur la dépense en combustible; il n'y aurait de douteux que quelques circonstances relatives à la vitesse comparée des deux bâtiments, si on s'en rapporte aux résultats de la dernière expérience.

Je dois ajouter qu'il y a, dans les bateaux de M. Frimot, des inventions très-remarquables. La Chambre les considérera comme telles quand elle saura que l'Académie des sciences, appelée dernièrement à les examiner et à donner son avis, s'est écartée de ses règles ordinaires, de ses habitudes, pour adresser la description des appareils de M. Frimot à M. le ministre du commerce, afin qu'il les

fit connaître à tous les constructeurs qui peuvent avoir intérêt à les copier; car M. Frimot a eu la générosité de ne s'en pas réserver le privilége au moyen d'un brevet d'invention.

Je demande donc que le million soit accordé, mais qu'il soit statué, soit par le consentement du ministre, soit par une disposition que je proposerai, que les machines seront construites dans nos ateliers qui sont parfaitement en mesure de les exécuter; je demanderai aussi que M. le ministre veuille bien répondre à M. Frimot. (Marques nombreuses d'assentiment.)

## II

[Dans la séance du 8 mai, le débat a continué sur l'amendement développé dans le discours qu'on vient de lire; M. Arago a de nouveau pris la parole, et il s'est attaché à démontrer que les machines à vapeur à haute pression ne présentaient pas les dangers qu'on leur attribuait. La discussion suivante est extraite du *Moniteur* du 9 mai 1834.]

M. Arago. Je demande à la Chambre la permission de lui faire remarquer... (Marques d'impatience au centre.)

Je demande à la Chambre la permission de lui faire remarquer que des erreurs graves ont été commises à cette tribune; je pourrais même dire des erreurs honteuses sur la fabrication et les propriétés des machines à vapeur...

M. le Ministre de la marine. Il n'y a rien eu de honteux!
A gauche : Non, si l'ignorance est un honneur!

M. Arago. Je le répète, des erreurs honteuses...

M. le Ministre de la marine. Il n'a rien été dit de honteux.

M. Arago. Des erreurs inqualifiables sur la fabrication

des machines à vapeur ont été commises à cette tribune par les personnes qui sont à la tête de l'administration de la marine. Il a aussi été commis des erreurs de fait que je dois relever. Veuillez, au surplus, remarquer de quelle manière une question incidentelle a été introduite dans la question générale. (Violents murmures au centre.)

J'ai proposé un amendement : dans cet amendement se trouvait comprise nécessairement, implicitement, cette idée que l'administration de la marine ne favorisait pas, ne voyait pas avec bienveillance les travaux de nos constructeurs; c'est pour cela que je suis arrivé à expliquer quelle a été la conduite que l'administration de la marine a cru devoir tenir à l'égard de M. Frimot. Je n'ai pas proposé de délibérer sur l'affaire de cet ingénieur. Je n'ai pas demandé que la Chambre fût appelée à prononcer dans l'affaire judiciaire qui existe en ce moment entre M. Frimot et l'administration de la marine. Je me suis contenté de dire et d'affirmer que ce fabricant, que cet homme du plus haut mérite avait obtenu des résultats excellents et parfaitement constatés; que cependant, au lieu de le traiter avec bienveillance, le ministère s'était conduit à son égard avec une rigueur, avec une malveillance déplorables.

Ainsi je n'ai pas cherché à introduire dans la Chambre une question qui ne la concerne pas. J'ai cité des faits à l'appui de mon amendement. Je dis maintenant qu'en combattant ma proposition, M. le commissaire du roi a commis des erreurs matérielles, des erreurs de fait qu'il est de mon devoir de signaler. (Marques d'impatience dans une partie de l'assemblée.)

AUTRES VOIX. Parlez !

PLUSIEURS MEMBRES. Nous ne sommes pas juges compétents !

M. ARAGO. Vous n'êtes pas juges compétents sur des questions de machines à vapeur, à la bonne heure; mais vous êtes juges compétents sur des questions de finances; or, ma proposition concerne une dépense d'un million.

LES MÊMES VOIX. Vous élevez une question de science et de théorie.

M. ARAGO. On vous demande un million pour la confection des machines à vapeur. Je propose de déclarer que ce million sera dépensé en France. Je dis et je soutiens que nos usines sont parfaitement en mesure de satisfaire aux besoins de la marine. J'ai cité des faits; j'ai cité des artistes qui travaillent à merveille. L'administration cependant paraît être dans l'intention de faire construire ces appareils en totalité ou en partie à l'étranger. Telle est la prétention que j'ai combattue. Comment y a-t-on répondu? On ne m'a pas opposé un seul fait. A-t-on seulement fait mention de perfectionnements incontestables sur le mérite desquels l'Institut a prononcé?

PLUSIEURS VOIX. L'Institut prononce sur les théories; nous ne sommes pas ici à l'Institut.

M. ARAGO. Lorsque je cite des perfectionnements remarquables qui distinguent les machines de M. Frimot, que répond-on? M. le commissaire du roi se contente de jeter vaguement de la défaveur sur le système de cet habile ingénieur.

Ce système, s'écrie-t-il, est fondé sur l'emploi de la haute pression; or, en Angleterre comme en Amérique, il n'existe pas sur les bateaux de machines à haute pression.

L'assertion est tranchante ; eh bien, l'honorable M. Tupinier est tombé dans une erreur de fait, dans une erreur complète en ce qui concerne l'Amérique.

En effet, j'ouvre au hasard, un ouvrage sur les machines à vapeur. J'entends qu'on demande par qui cet ouvrage a été publié. Je réponds qu'il a été publié par la marine elle-même ; que c'est l'ouvrage de M. Marestier ; je l'ouvre donc au hasard, et je trouve :

« *L'Etna*, bateau à vapeur des États-Unis sur la Delaware, marche sous la pression de 10 atmosphères ;

« *La Pensylvanie* est un bateau à haute pression, etc. »

Vous voyez donc, Messieurs, que l'assertion de M. le commissaire du roi n'était pas exacte.

M. Tupinier, *commissaire du roi*. Je n'ai pas dit qu'il n'y en eût pas... Voyez *le Moniteur !...*

M. Arago. Vous l'avez dit, Monsieur.

Vous avez jeté de la défaveur au sujet des machines de M. Frimot, dans l'esprit d'un très-grand nombre de membres de la Chambre de qui je le tiens, en affirmant positivement que ni en Angleterre ni aux États-Unis on n'employait de la vapeur à une haute pression. Eh bien, vous savez maintenant ce qu'il en est, et mes citations, je les ai puisées, non pas dans des ouvrages sans autorité, mais dans le traité d'un de vos anciens collègues, dans un ouvrage dont la marine elle-même a fait faire la publication à ses frais.

Je dirai d'ailleurs que cette défaveur que vous avez voulu répandre sur l'emploi des machines à haute pression n'est pas fondée, et qu'il serait très-fâcheux de voir la marine persister dans de déplorables préventions.

Voulez-vous savoir comment il est arrivé qu'en Angleterre les machines à haute pression ne sont pas employées sur les bateaux à vapeur?

Ces bateaux sont construits par la marine marchande, et leur destination exclusive est de faire l'office de paquebots. Or, les passagers craignant l'explosion des machines à haute pression, les constructeurs ont dû les proscrire.

QUELQUES VOIX. Ils ont raison.

M. ARAGO. Vous dites qu'ils ont raison; moi, je dis qu'ils ont tort, Messieurs.

Je crois avoir le droit d'émettre une opinion sur une question de cette nature. (Bruit aux centres.)

Comment, Messieurs, il s'agit de savoir si l'on accordera un million à la marine pour la construction de bateaux à vapeur; la marine manifeste l'intention de repousser de toutes ses forces l'emploi des machines à haute pression, et je n'aurai pas droit de dire à cette tribune que la détermination de l'autorité est le résultat d'une erreur, d'un défaut de lumières?

VOIX NOMBREUSES AUX EXTRÉMITÉS. Si! si!

VOIX AU CENTRE. Nous ne sommes pas ici à l'Académie des sciences.

M. LE COLONEL LAMY. Nous ne sommes pas ici comme dans un collége royal, pour suivre un cours de machines à vapeur.

M. ARAGO. Je crois avoir le droit de soumettre une opinion... (*Voix au centre*. C'est une question étrangère au budget.) Nous traitons la question de savoir si l'on accordera un million à la marine pour construire des machines à vapeur. La marine paraît dans l'intention de repousser les machines à haute pression; n'ai-je pas le droit de dire à cette tribune que c'est un préjugé?

(M. Arago descend de la tribune.)

NOMBRE DE VOIX AUX EXTRÉMITÉS. Parlez! parlez.

M. PETOU. Ce serait une honte que d'empêcher l'orateur de parler.

M. ARAGO, *remontant à la tribune.* Je suis dans la question, et complétement dans la question.

A DROITE ET A GAUCHE. Oui! oui! continuez!

M. GARNIER-PAGÈS. Si l'on n'écoute pas nos orateurs, nous n'écouterons plus personne. (Exclamations ironiques au centre.)

QUELQUES MEMBRES. Attendez le silence.

M. ARAGO. La question est devenue une question générale, et je ne sais vraiment pas pourquoi l'on s'irrite lorsque je parle des avantages que présentent les machines à haute pression sur les machines à pression ordinaire.

M. PISCATORY. Ce n'est pas à la Chambre à juger cela!

M. ARAGO. Quand vous donnez, M. Piscatory, un conseil sur la colonisation d'Alger, vous avez des opinions arrêtées sur la colonisation et vous cherchez à les inculquer dans l'esprit des ministres et de la Chambre; eh bien, moi, j'ai une opinion arrêtée sur l'emploi des machines à haute pression. Il y a dans le budget un article relatif aux machines à vapeur, et puisque l'administration témoigne l'intention de ne point faire usage des machines à haute pression, je ne sais pas pourquoi il ne me serait pas permis de parler de l'emploi de ces machines.

M. PISCATORY. Je demande la permission...

VOIX NOMBREUSES AUX EXTRÉMITÉS. Vous n'avez pas la parole! Laissez parler M. Arago!

M. PISCATORY. Je ne dois pas laisser sans réponse ce que vient de dire l'honorable orateur. (Non, non!... Agitation.)

M. ARAGO. Il est loin de ma pensée, de mon désir et de mon intention, de soulever dans la Chambre de l'agi-

tation et du désordre; par conséquent, je renonce à la parole.

AUX EXTRÉMITÉS. Parlez! parlez!

M. ARAGO. Mais si l'on ne veut pas m'entendre... (Si, si! Parlez!)

M. CHARLEMAGNE. Nous voudrions éviter de tomber dans les abus... (Bruit.)

M. LE PRÉSIDENT. Vous n'avez pas la parole.

Cette discussion, Messieurs, devient très-pénible. L'orateur est dans son droit, en discutant la matière qu'il discute en ce moment (Assentiment aux extrémités) et qu'il connaît si bien. J'invite donc la Chambre à lui accorder son attention. (Très-bien! très-bien!)

M. ARAGO. Je regrette que vos fréquentes interruptions me forcent de me répéter. Je disais, Messieurs, que le commissaire du gouvernement, et ce commissaire occupe dans le ministère de la marine un poste élevé, s'était trompé en affirmant qu'il n'existe nulle part de bateaux à vapeur à haute pression. J'ai expliqué comment il se faisait que les machines de cette espèce ne sont pas employées sur les bateaux anglais. J'en ai trouvé la raison dans les craintes des passagers.

UNE VOIX. Ils ont raison.

M. ARAGO. Ils ont raison, dites-vous, eh bien, je prouverai en deux mots que cette crainte est sans fondement. Mes arguments seront de deux espèces, assez clairs, je crois, pour détromper en même temps et M. le commissaire du roi et les personnes qui pensent comme lui.

M. Oliver Evans, le plus célèbre constructeur de machines à vapeur de l'Amérique du nord, fit en 1818 un relevé statistique de toutes les explosions qui avaient eu lieu aux États-Unis. Il résulta de ses recherches que pas

un seul bâtiment, avec des machines à haute pression, n'avait fait explosion. Il n'était arrivé d'accident qu'à des machines à pression ordinaire.

Voilà un fait constant, voilà un fait incontestable. Cela, Messieurs, a l'air d'un paradoxe; mais il n'y a paradoxe en cette matière, et en général dans les questions scientifiques, que quand on n'a pas bien étudié les causes des phénomènes.

Les ingénieurs et l'administration se sont prescrit la règle d'essayer la chaudière d'une machine quelconque à une pression triple, par exemple, de celle où elle est destinée à travailler. Ainsi, pour une machine à 10 atmosphères, on ferait l'essai à 30 atmosphères; pour une machine à une atmosphère, l'essai serait fait à 3 atmosphères seulement.

Or, veuillez bien le remarquer, Messieurs, dans les machines à pression ordinaire, plusieurs circonstances peuvent porter subitement la pression à une pression trois fois plus forte et même davantage. A ce moment, la machine ordinaire devient machine à haute pression; la chaudière est insuffisante, et l'explosion arrive. Quant à la machine à pression très-élevée, quant à la chaudière essayée à 30 atmosphères, il faudrait des conditions qui sont exceptionnelles, et qu'on réunirait difficilement, même en les cherchant tout exprès pour amener l'explosion.

Une expérience dans laquelle j'ai été moi-même acteur rendra la vérité de mon assertion évidente.

L'administration ayant eu besoin, pour régler le service des machines ordinaires et des machines des bateaux, de connaître l'élasticité de la vapeur correspon-

dante à chaque degré du thermomètre, s'adressa à l'Académie des sciences. Deux membres furent chargés de faire le travail nécessaire pour répondre aux désirs du gouvernement. Le savant M. Dulong était l'un d'eux; j'étais le second. Les expériences étaient dangereuses; mais comme les artistes en désiraient les résultats, comme elles devaient être utiles, nous nous dévouâmes. Eh bien, je le déclare; quoique nous eussions pris toutes les précautions nécessaires pour éviter les courants refroidissants, quoique nous nous plaçassions constamment dans une cabane bien fermée, nous ne pûmes jamais amener l'élasticité de la vapeur de la chaudière à plus de vingt-quatre atmosphères. Ainsi il n'eût pas dépendu de nous d'amener même volontairement l'explosion de cet appareil, si, comme la chaudière d'une machine de dix atmosphères, on l'avait essayée à trente.

Le résumé statistique d'Oliver Evans avait prouvé que les machines à pression ordinaire font plus souvent explosion que les machines à haute pression. Ce fait, constaté par l'expérience, n'a plus rien de paradoxal. Il trouve une explication toute simple dans ce que je viens de dire.

Au surplus, la grande répugnance du public pour les machines à haute pression a disparu. Les machines locomotrices qui transportent les voyageurs sur les chemins de fer sont, en effet, des machines à haute pression. Qui cependant éprouve aujourd'hui la moindre répugnance à se placer à la suite d'une de ces machines? La marine n'aurait donc aucun motif de se préoccuper de ces anciens préjugés, alors même que la majorité des

riches voyageurs qui viennent d'Angleterre en France les conserveraient.

Il y a un avantage immense, un avantage incontestable et aujourd'hui incontesté, à se servir de machines à haute pression. Ces machines permettent d'employer la détente de la vapeur dans une grande échelle, de ne la condenser ou de ne la perdre qu'au moment où sa tension devient insignifiante. Ces avantages, la théorie les avait prévus; mille expériences les ont confirmés. Toutes les machines d'épuisement du Cornouailles en font foi. Expliquez-moi donc, Messieurs, quel inconvénient il peut y avoir à signaler à l'administration de la marine, qui paraît l'ignorer, une telle source d'importantes économies.

Cette question, qui vient de soulever tant de difficultés, n'avait au fond rien d'irritant. Elle était d'ailleurs inévitable, puisque les machines de M. Frimot sont à haute pression, mais à 10 atmosphères seulement, tandis que, je le répète, certaines machines des États-Unis marchent, sans inconvénient, à 20 atmosphères.

Je suis fâché que les détails personnels, relatifs à M. Frimot; que des griefs destinés à trouver leur solution ailleurs; que des débats qui ne seront jamais désertés par ceux qui savent combien M. Frimot s'est fait honneur par ses travaux, combien il serait utile à l'industrie si on lui tendait loyalement la main; je suis fâché, dis-je, que ces diverses circonstances aient jeté sur la discussion une irritation qui peut-être compromettra le sort de l'amendement que j'ai proposé. Cet amendement est ainsi conçu :

« Les machines seront exécutées dans les ateliers français, et d'après les marchés conclus avec concurrence et publicité. »

Le budget a souvent renfermé de semblables dispositions. Ainsi, de ce côté, point de difficulté; mais, en terminant, j'appellerai l'attention sur une circonstance qui milite en faveur de la disposition que je sollicite de la chambre.

Le haut prix de nos machines tient aujourd'hui en grande partie à la cherté de la matière première. Nos usines à fer ne produisaient pas de fonte qui pût être employée avec avantage dans leur construction. Notre fonte perdait ses principales propriétés quand on la soumettait à deux ou trois fusions successives. Je suis heureux de dire que plusieurs maîtres de forges, parmi lesquels je cite avec plaisir l'un de nos honorables collègues de la Nièvre, sont tellement près d'avoir résolu le problème, que cette cause de différence entre le prix des machines anglaises et celui des machines françaises est sur le point de disparaître.

Je dirai, avec une égale satisfaction, que dans les forges que je viens de citer on est parvenu à donner à la fonte une propriété qui ne paraissait pas devoir appartenir à cette matière, une certaine flexibilité dont on tirera peut-être un très-grand parti dans la construction des machines à vapeur. J'ajoute, enfin, qu'on commence à essayer dans nos usines l'emploi de l'air chaud. Tout fait donc espérer que d'ici à peu de temps nous serons dispensés d'aller à l'étranger chercher les métaux employés dans la construction des machines à vapeur.

Eh bien, faites qu'au moment où l'amélioration dont je parle aura eu lieu, nos ateliers ne soient pas déserts, ne soient pas détruits; faites en sorte que les usines qui existent, qui ont déjà donné d'excellents résultats, qui nous en promettent encore de plus grands, ne soient pas totalement abandonnées lorsque les améliorations métallurgiques que je prévois, que j'annonce comme prochaines, se seront réalisées. Soyez persuadés qu'alors vous aurez des ateliers où l'on exécutera, aussi bien et à aussi bon marché qu'en Angleterre, toutes les machines à simple ou à haute pression dont la marine militaire, dont la marine marchande et dont les manufacturiers pourront avoir besoin.

M. Piscatory. Je demande la parole pour un fait personnel... Je ne suis pas dans l'habitude d'interrompre personne, j'écoute avec attention toutes les opinions. J'aime les longues discussions ; je les crois utiles au triomphe de la vérité et de la raison.

J'arrivais dans la Chambre lorsque la discussion était déjà commencée. Je ne sais quelle parole m'a échappé, je ne sais même si j'en ai prononcé une : M. Arago m'a interpellé en disant qu'il ne concevait pas que quelqu'un qui avait traité la question d'Alger, et qu'on avait bien voulu écouter, empêchât de parler sur les machines à vapeur.

La comparaison est étrange.

Sans contredit la question des machines à vapeur est importante; mais permettez-moi de dire qu'il y a une grande différence, quant à l'importance politique, entre la question d'Alger et la question scientifique de la vapeur à haute ou à basse pression. J'en demande bien pardon à M. Arago, dont je reconnais la science et l'esprit; mais il me semble que nous sommes venus ici pour faire les affaires du pays, et non pour suivre un cours. (Interruption, murmures, hilarité.)

M. Arago a établi fort habilement la différence qui existe entre les machines à haute et celles à basse pression. Je l'ai écouté avec grand plaisir; mais j'avoue que cela n'a pas suffi pour éclairer mon intelligence, fort médiocre, il faut le dire, en pareille matière. Comme député, j'ai donc perdu un temps utile.

Je dirai encore qu'il me semble qu'il n'y a pas beaucoup de générosité de la part de M. Arago à venir faire ici de la science ; car véritablement personne ici n'est en état de lui répondre ni de combattre l'opinion qu'il émet sur les objets tout scientifiques, qui nous sont étrangers, et qui ne touchent en rien aux intérêts dont nous sommes chargés.

M. Arago. Un mot, Messieurs, un seul mot sur la question personnelle. Ce n'est pas moi qui ai soulevé ici la question des machines à haute pression : c'est M. le commissaire du roi qui est venu exprimer sa répugnance pour les machines à haute pression. Plusieurs membres de la Chambre ont désiré savoir ce qu'il pouvait y avoir de fondé dans cette répugnance, et c'est à leur demande que j'ai dû donner à la Chambre des explications qui, à ce qu'il paraît, n'ont pas été du goût de l'honorable préopinant.

## III

[Dans la séance de la Chambre des députés du 29 mai 1835, à l'occasion d'un projet de loi relatif à l'établissement d'un service de paquebots à vapeur entre la France et le Levant, M. Arago a de nouveau pris la parole dans les termes suivants, extraits du *Moniteur* des 29 et 30 mai.]

Messieurs, j'ai demandé la parole afin d'obtenir, soit par voie d'amendement, soit par une promesse de M. le ministre des finances, l'assurance que les machines qui doivent être placées dans les bateaux à vapeur seront exécutées par nos artistes. Voici, en abrégé, les motifs de ma proposition.

En fait de machines à vapeur, nous sommes encore, il faut l'avouer, dans l'enfance. Jetez un coup d'œil sur ce que ce genre d'industrie a produit de merveilles en Angle-

terre, et vous verrez que mon vœu n'a rien que de fort naturel.

En 1819, en Angleterre, une seule manufacture, celle de Soho, près de Birmingham, avait déjà exécuté un nombre de machines à vapeur qui, à elles seules, faisaient annuellement le travail de cent mille chevaux, c'est-à-dire de six à sept cent mille hommes. L'économie résultant de la substitution de ces moteurs aux moteurs animés était, au moins, de 75 millions de francs par an.

A la même époque de 1819, il existait en Angleterre dix mille machines à vapeur d'une force totale de six cent mille chevaux, ou de 3 à 4 millions d'ouvriers. C'était là l'origine d'une économie de 300 ou 400 millions de francs. Aujourd'hui on peut dire, sans être taxé d'exagération, que ces résultats doivent être doublés; de sorte que, par l'emploi de la vapeur, nos voisins obtiennent, tous les ans, sur leurs produits, une économie de main-d'œuvre de 800 millions de francs.

Consultez maintenant les tableaux officiels qui vous ont été distribués, et vous verrez qu'aujourd'hui, en France, le nombre total des machines à vapeur ne dépasse guère un millier, et que leur force n'est que d'environ 14,000 chevaux.

Il est donc important que la construction des machines à vapeur reçoive chez nous des encouragements. Je demande en conséquence à M. le ministre des finances de vouloir bien, dans cette circonstance, prendre devant la Chambre l'engagement de s'adresser à nos artistes, et de leur commander des travaux utiles, importants, et dont ils s'acquitteront à merveille.

Ici, je le sais, se présente la question de savoir si les grandes machines à vapeur, dont l'administration a besoin, pourront être exécutées dans une année, et si elles auront la perfection de celles qui seraient fabriquées à l'étranger. Sur ce dernier point je n'aurai qu'à citer, qu'à vous rappeler ce que le gouvernement lui-même a dit dans un rapport qui vous a été récemment distribué. Vous trouverez dans le rapport en question que « les machines qui sortent actuellement de nos ateliers peuvent, sans crainte, soutenir la concurrence avec celles qui nous viennent de l'étranger. » Voilà, Messieurs, une décision formelle; elle n'est pas de moi, elle appartient au corps des mines.

Les machines dont il est question dans ce paragraphe ont, il est vrai, je m'empresse de l'avouer, d'assez petites dimensions; tandis qu'il en faudra d'une force considérable pour les nouveaux bateaux à vapeur. Je crois, en effet, que notre honorable collègue M. Tupinier a eu raison en proclamant pour le service de mer l'insuffisance des machines d'une force moyenne, en réclamant une puissance de 160 chevaux au moins.

Or, il existe en ce moment, en France, divers ateliers où des appareils de cette force sont exécutés.

Ces appareils sont-ils bons? Je n'hésite pas à répondre affirmativement; on les a comparés, en effet, aux meilleures machines exécutées en Angleterre, à celle qui jusqu'ici a été considérée comme modèle, à la machine du *Sphinx;* et de très-bons juges, et nos officiers de marine les plus expérimentés, ont déclaré positivement que les machines exécutées dans les ateliers de M. Hallette d'Arras,

et dans ceux d'Indret, sont aussi parfaites que celles du *Sphinx*. Je pourrais, au besoin, citer à l'appui de cette opinion les rapports du capitaine Favin-Lévêque, du *Crocodile*, et celui du capitaine Gaubin, du *Vautour*. Ainsi il existe en France des ateliers qui sont en mesure d'exécuter d'excellentes machines de 160 et de 200 chevaux.

J'arrive à la question de savoir si ces grands travaux pourraient se faire dans un temps assez court. Eh bien, il paraît constant que M. Cavé exécuterait deux machines en un an; M. Hallette, trois; M. Gengembre à Indret, trois. Peut-être y a-t-il encore d'autres manufactures qui pourraient entrer en concurrence avec celles-ci; mais je ne dois pas les citer, parce que je ne veux articuler ici que des choses parfaitement certaines. Ainsi, en ne considérant que des usines qui me sont personnellement connues, je ne pense pas m'éloigner de la vérité en affirmant que les deux tiers des machines désirées y seraient exécutées en un an.

Venons maintenant aux prix. Je reconnais que les machines qu'on exécute en France sont beaucoup plus chères que les machines anglaises. Mais vous en savez la principale raison : c'est que la matière première est chez nous d'un prix plus élevé. Or, la matière première entre pour une part considérable dans le prix des machines. Quand vous aurez supprimé les droits des douanes, il sera tout naturel de demander que nos appareils industriels ne coûtent pas plus cher que ceux de nos voisins; mais tant que ces droits existeront, il faudra bien se résigner à payer les machines françaises à des prix élevés.

Je m'empresse de reconnaître que, pour favoriser nos artistes, l'administration a frappé les machines qui viennent de l'étranger, d'un droit de 30 pour cent.

M. LE MINISTRE DES FINANCES. De 33 pour cent, et le décime!

M. ARAGO. De 33 pour cent, si vous voulez; eh bien, ajoutez au prix qu'a coûté *le Sphinx* en Angleterre 33 pour cent, et vous trouverez à très-peu de chose près les prix qui ont été payés par MM. Hallette et Cavé pour leurs dernières machines. Le marché ne vous sera donc pas onéreux, car il serait injuste que vous, gouvernement, vous ne payassiez pas les droits que vous exigez des particuliers.

Je sais très-bien que l'on cherche sans cesse à se soustraire à cette obligation; je sais très-bien que la loi qui a frappé de 33 pour cent les machines venant de l'étranger a décidé que si ces machines pouvaient servir de modèle, elles ne seraient pas passibles du droit, et que les moindres changements de forme sont présentés comme des améliorations importantes; mais M. le ministre des finances est trop juste pour vouloir dans cette circonstance recourir à ce moyen, quoiqu'il ait été déjà tenté par la direction des postes elle-même.

M. LE MINISTRE DES FINANCES. Non!

M. ARAGO. Permettez-moi, M. le ministre, pour répondre à votre dénégation, de dire que j'ai été chargé de faire un rapport sur une demande en franchise de droits présentée par la direction des postes; je crois même me rappeler qu'elle avait reçu votre assentiment.

Au surplus, je regrette bien vivement que l'adminis-

tration n'ait pas profité de cette circonstance pour faire examiner à fond la question capitale de l'emploi des machines à haute pression dans les bâtiments de l'État.

Dans la dernière séance, M. Tupinier a émis sur cet objet des opinions trop arrêtées. Il a dit, par exemple, que ces machines n'offraient pas d'économie; que théoriquement on devait en espérer, mais qu'expérimentalement elles n'en donnaient pas.

Théoriquement, Messieurs, on ne sait pas grand' chose aujourd'hui des avantages de la haute pression sur la pression ordinaire; mais expérimentalement, la grande infériorité de cette dernière ne semble pas douteuse, du moins quand on fait usage de la détente. Deux ou trois chiffres que je vais vous citer ne laisseront aucun doute à cet égard.

Dans le comté de Cornouailles on n'emploie guère aujourd'hui que des machines à haute pression; eh bien, plusieurs donnent des résultats quadruples de ceux qu'on obtenait avec les anciennes machines de Watt. M. John Taylor, le plus célèbre ingénieur de cette contrée industrieuse, m'écrivait naguère que, suivant lui, ces immenses effets étaient le résultat de l'emploi de la haute pression combinée avec la détente. Les rapports des officiers de notre marine vous conduiraient à la même conséquence. M. Gaubin obtenait de l'emploi de ces deux moyens un sixième d'augmentation sur la vitesse du *Vautour*.

On répète sans cesse que les machines à haute pression présentent de très-grands dangers. L'expérience justifie-t-elle ces craintes? En aucune manière. On a dit aussi

qu'elles effrayaient les passagers. Voici ma réponse : Nous avons aujourd'hui sur la Seine un grand nombre de bateaux à haute pression ; l'un d'entre eux qui s'appelle *le Théodore*, fait le service entre Paris et Melun ; il marche à cinq atmosphères. J'ai voulu savoir si les craintes dont l'honorable M. Tupinier parlait étaient réelles ; j'ai été au quai de la Grève demander quel était le nombre des voyageurs : on m'a répondu que dimanche dernier on en avait compté quatre cent vingt-quatre. Vous le voyez, Messieurs, si des craintes ont existé, il n'en reste plus de traces aujourd'hui ; j'affirme, au surplus, que les machines à haute pression ne sont pas plus dangereuses que les autres. A Paris, sur cent soixante-seize machines à vapeur, il y en a cent trente-trois à haute pression. Depuis dix ans que les constructeurs sont astreints à des règlements bien combinés, il n'est pas arrivé un seul accident. Les bateaux qui, depuis six ans, font sur la Seine le service de Paris à Rouen, ont tous des machines à pression élevée : est-il jamais arrivé aucune explosion? Dans une autre circonstance j'essayai de démontrer, et nous hommes d'étude, nous ne prodiguons pas ce mot, qu'il y avait moins de chance d'explosion dans les machines à haute pression que dans les machines à pression ordinaire, et cela attendu la nature des épreuves auxquelles on soumet les chaudières.

Je n'y reviendrai pas aujourd'hui ; je me borne, et cette preuve en vaut bien une autre, à faire remarquer qu'à Paris et dans ses environs, un grand nombre de machines à haute pression sont depuis longtemps employées, sans qu'il y ait eu une seule explosion.

N'y eût-il aucune économie à faire usage de ce genre de machines, il faudrait encore les recommander. Quand on veut imprimer une vitesse considérable à un bateau à vapeur, il faut un appareil puissant; or cette puissance, avec la basse pression, on ne l'obtient qu'en augmentant les dimensions du corps de pompe. Un grand corps de pompe absorbe à chaque oscillation du piston une grande quantité de vapeur qui ne peut être fournie que par une énorme chaudière. Une chaudière est aujourd'hui une véritable maison qui emploie près des trois quarts du volume du bateau à vapeur. Cherchez la même force dans une machine à haute pression, vous gagnerez un espace considérable, et cela, je le répète encore, sans aucun danger; car il est telle de ces machines où l'explosion, à peu près impossible, ne pourrait pas d'ailleurs entraîner des accidents de quelque gravité.

On a insisté avec beaucoup de raison sur les avantages que l'administration trouverait en cas de guerre dans les bateaux à vapeur, dont aujourd'hui elle demande la construction pour le transport des voyageurs; on vous a dit qu'ils seraient transformés en bâtiments de guerre; mais pour cela l'espace est nécessaire, et vous en auriez très-peu avec des machines à pression ordinaire. J'exprime de nouveau le regret que M. le ministre des finances n'ait pas profité de cette occasion pour soumettre cette question capitale à une discussion approfondie. Il aurait trouvé dans les lumières des ingénieurs, de divers professeurs, et des membres des corps académiques, les moyens d'arriver à une solution définitive.

Chaque jour on parvient à concentrer, à l'aide de la

haute pression, une puissance immense dans des espaces de plus en plus restreints. Récemment on a pu voir sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester, une voiture locomotive de MM. Sharp et Roberts qui parcourait un mille en 57 secondes, une lieue en 2 minutes 22 secondes, et 25 lieues à l'heure. La machine marchait avec une telle rapidité, que, par parenthèse, la cheminée tua dans sa course un corbeau qui traversait la route en volant. (On rit.)

Hâtons-nous d'appliquer ces merveilleuses concentrations de force à la navigation.

Pour le moment, je ne m'oppose pas toutefois à ce qu'on suive la route ordinaire; mais je prie M. le ministre des finances de déclarer si son intention est de faire exécuter en France la totalité ou du moins une grande partie des machines demandées. Après la réponse de M. le ministre, je verrai si je dois soumettre un amendement à la Chambre, si je dois lui proposer de prendre elle-même une détermination à ce sujet.

[Après la réponse du ministre des finances, M. Arago s'est exprimé ainsi :]

Je ne propose pas d'amendement, après ce que M. le ministre des finances vient de dire; j'ai la certitude qu'il n'oubliera pas des artistes français qui sont dignes de toute sa confiance, et qui font honneur à notre industrie.

## IV

[Dans la séance du 16 juin 1840, à propos de la discussion du projet de loi sur l'établissement de divers chemins de fer, M. Arago a proposé un article additionnel ainsi conçu :

« Les neuf dixièmes au moins des machines locomotives dont la compagnie fera usage, devront être exécutés en France ;

« Cette prescription cesserait d'être obligatoire, dans le cas où le prix des machines françaises surpasserait le prix moyen des machines anglaises de plus de 15 pour 100. »

M. Arago a développé sa proposition dans le discours suivant, extrait du *Moniteur* du 17 juin.]

Messieurs, l'amendement que je propose doit avoir des conséquences importantes. J'espère cependant qu'il me sera possible de le justifier en très-peu de paroles. Je commence d'abord par faire remarquer que cet amendement s'applique exclusivement aux chemins subventionnés, aux chemins dont le gouvernement est devenu le plus fort actionnaire. Cette réflexion répondra à plusieurs critiques que j'ai entendues sur nos bancs. En tout cas, je me réserverai le droit de répondre avec plus de détail dans le cas où par erreur on trouverait dans la prescription impérieuse qui est contenue dans mon amendement une atteinte à la liberté commerciale.

La question que mon amendement soulève, serait appréciée d'une manière mesquine, si on la traitait seulement du point de vue de la liberté commerciale. Au fond, ce dont il s'agit dans les conséquences de la proposition que je fais, c'est d'indépendance, de force nationale.

Les machines à vapeur sont des armes; c'est à coups de machines à vapeur qu'on se battra, si jamais, ce que

je regarderais comme un malheur, nous avons à lutter avec l'Angleterre. Nos voisins ont aujourd'hui 800 bateaux à vapeur; tous, je le reconnais, ne porteraient pas une puissante artillerie, mais tous pourraient pénétrer dans nos rades, dans nos ports, dans les anses les plus cachées, et enlever jusqu'à la dernière de nos barques de pêcheurs, si nous n'avions moyen d'opposer bateau à bateau, machine à machine.

Que diriez-vous, Messieurs, d'un gouvernement qui confierait aux étrangers la fabrication de la poudre, des canons et des fusils? Vous diriez qu'il manque d'intelligence, peut-être même lui adresseriez-vous un reproche plus sévère: eh bien, je le répéterai à satiété, les machines à vapeur joueront dans une guerre maritime un rôle aussi essentiel que les fusils, les canons et la poudre. Ce que je demande, c'est qu'en temps de paix vous formiez, vous encouragiez les ouvriers, les contre-maîtres qui fabriqueront nos machines lorsque les Anglais ne nous en fourniront plus; c'est qu'en temps de paix vous songiez que des mécaniciens sont nécessaires à bord des navires, et qu'ils y jouent un rôle capital.

C'est une chose heureuse, Messieurs, pour notre pays, que cette transformation que la marine doit subir, qu'elle subira d'ici à peu de temps, et dont M. Paixhans vous entretenait récemment avec tant d'autorité; c'est une chose avantageuse, car, dans nos conflits maritimes avec les Anglais, notre infériorité, quand elle a eu lieu, a dépendu, non pas assurément d'un plus grand courage des matelots ennemis, mais d'une plus longue expérience. Eh bien, cette plus longue expérience sera sans gravité

dans la marine à vapeur. Nos officiers entrent dans cette nouvelle voie avec un admirable dévouement, avec une remarquable habileté. Préparez, messieurs, préparez de longue main, les quatre ou cinq mécaniciens qui deviendront dans chaque navire les auxiliaires indispensables des capitaines. Remarquez-le, messieurs, beaucoup de nos bateaux ont des mécaniciens anglais. Disons-le à leur honneur, ils nous quitteraient tous le jour où nous serions en guerre avec leur pays.

Il y a peu de jours encore, vous avez failli à sacrifier une industrie nationale, l'industrie du sucre indigène, au désir bien naturel d'encourager et d'étendre notre marine marchande. Ce que je vous demande, moi, n'exigera de sacrifice d'aucune sorte; je désire que le temps présent ne vous détourne pas de songer que la guerre peut lui succéder; je demande que, sans négliger la marine à voile, vous réunissiez les éléments d'une marine à vapeur.

J'ai dit que je ne demande, que je ne sollicite aucun sacrifice. Remarquez en effet que la loi du 2 juillet 1836 avait établi un droit de 30 p. 0/0 sur les machines à vapeur étrangères. Ce droit, avec le décime, conduisait en définitive à une prime de 33 p. 0/0; elle a été depuis réduite de moitié quant aux locomotives.

Vous dire par quelle interprétation, par quel jeu d'imagination, on est arrivé à trouver que les locomotives ne sont pas des machines à vapeur, est au-dessus de ma portée.

Quoi qu'il en soit, le droit d'entrée se trouve réduit à 15 p. 0/0. En ce moment, les machines anglaises entrent en France au droit de 15 p. 0/0. Je ne demande pas,

quant à moi, que ce droit soit augmenté; je ne désire nullement qu'on revienne aux dispositions de la loi du 2 juillet 1836; je ne sollicite, enfin, aucun accroissement de droit.

Nos constructeurs ont assurément de très-bonnes raisons pour soutenir que les locomotives sont des machines à vapeur, et pour demander qu'on les comprenne de nouveau dans les prescriptions de la loi du 2 juillet 1836. Cette prétention, toute légitime qu'elle soit, je ne l'appuie pas; je ne demande même le maintien du droit actuel de 15 p. 0/0, qu'afin que les constructeurs français aient la matière première au même prix que les constructeurs anglais, et qu'ils puissent lutter contre eux à armes égales.

Mon amendement réduira le prix des machines françaises aux prix des machines anglaises; les compagnies ne perdent rien de leur position actuelle; je n'entends leur imposer aucun nouveau sacrifice.

Mais, dira-t-on, quel est, en ce cas, le but que vous vous proposez? Messieurs, ce but, le voici, je l'ai déjà indiqué: je veux affranchir nos constructeurs des conséquences fâcheuses d'un préjugé très-enraciné dans notre pays. On croit généralement que nos ingénieurs ne sont ni aussi habiles ni aussi expérimentés que les ingénieurs anglais.

Qu'ils ne soient pas aussi expérimentés, je le reconnais; quoique cependant, au prix d'énormes sacrifices, ils aient acquis depuis peu de temps une grande habileté. Ceci n'entraîne cependant pas la conséquence que les locomotives anglaises sont meilleures que les locomotives

françaises. Vous sentez, Messieurs, qu'avant de vous proposer mon amendement, j'ai dû fortement me préoccuper de cette question. C'est donc après un examen approfondi que je déclare sans hésiter que les constructeurs français sont en mesure d'exécuter les machines locomotives tout aussi bien et au même prix que les constructeurs anglais, lorsque vous aurez fait la défalcation du prix de la matière première.

Lorsqu'il se manifeste un accident, et il en arrive fréquemment aux locomotives, si la machine est anglaise, on range l'accident parmi les événements inévitables ; la machine est-elle française, on en parle trois cent soixante-cinq fois dans les années ordinaires et trois cent soixante-six fois dans les années bissextiles. (On rit.)

Voyez ce qui est arrivé ces jours derniers à une locomotive de la compagnie d'Orléans. Elle conduisait, je crois, une commission de la chambre à Choisy. Un des tuyaux de la chaudière fit explosion. Grande rumeur aussitôt contre les machines françaises. Il n'y avait qu'un malheur à cela : la machine était anglaise.

Ce n'est pas seulement en fait de locomotives qu'on a eu des préjugés dans notre pays. Remontons à une époque éloignée, et vous y trouverez l'idée très-arrêtée de notre insurmontable infériorité en fait d'instruments de précision et d'instruments d'optique.

J'ai été forcé de combattre, d'anéantir cette fausse opinion ; pour arriver à un résultat national et éminemment désirable, j'ai été quelquefois obligé d'engager ma responsabilité. Où en sommes-nous maintenant? il ne viendrait à personne l'idée de commander en Angle-

terre un instrument de précision, un instrument d'astronomie, un instrument de marine.

Jadis une lunette anglaise était un bijou précieux, un instrument qu'aucun artiste du continent ne devait égaler. Allez aujourd'hui à l'observatoire de M. Edward Cooper, en Irlande, à l'observatoire de Kenzington, à l'observatoire royal de Greenwich, à l'observatoire de Cambridge, et vous les trouverez meublés de lunettes françaises ; et vous reconnaîtrez que les plus grandes sont sorties des ateliers de M. Cauchoix.

Ce que j'ai pu obtenir, moi simple individu, pour des instruments de sciences, je demande à la chambre de le faire pour les locomotives.

Savez-vous, Messieurs, pourquoi il faut inévitablement aller en Angleterre pour avoir de bonnes locomotives? C'est, dit-on, qu'elles y ont été inventées et que les inventeurs en savent toujours beaucoup plus que les imitateurs.

Je nie d'abord la première partie de cette assertion. Il n'est pas vrai que les machines locomotives, dans leurs parties les plus essentielles, aient été inventées en Angleterre. Qu'est-ce qu'une machine locomotive? C'est tout simplement une machine à vapeur ordinaire fort ramassée, dans laquelle le mouvement de va-et-vient du piston est transformé en un mouvement de rotation. Les artifices par lesquels cette transformation s'opère ont été très-ingénieusement disposés par M. Stephenson, mais, on doit le dire, ils étaient connus et décrits dans des ouvrages imprimés.

Il n'y en a pas un qui ne figure avec tous ses détails dans l'ouvrage de MM. Lanz et Bétheneourt.

Que remarque-t-on de particulier, de capital, dans une machine locomotive ?

On y remarque une chaudière à évaporation très-rapide ; on y remarque une manière toute spéciale d'y souffler le feu : la chaudière et le moyen de ventilation sont incontestablement l'un et l'autre d'invention française.

Qu'on ne vienne donc plus nous dire que les machines locomotives appartiennent à l'Angleterre, afin d'avoir, contre toute vérité, un prétexte pour les faire exécuter de l'autre côté du détroit.

Il faut bien le remarquer, Messieurs, nous avons sur ce genre de machines un tel engouement, de tels préjugés ; on attribue, j'oserais presque dire, à l'atmosphère de la France une influence tellement délétère, que quand un ingénieur étranger vient s'établir chez nous, on n'accepte plus ses machines, n'eût-il employé d'ailleurs, pour les construire, que des ouvriers anglais.

S'il fallait citer des exemples, le nom de M. Taylor, le nom de l'ingénieur préposé à la réparation des bateaux à vapeur de la Méditerranée, sortirait naturellement de ma bouche.

Messieurs, il faut nous affranchir de ce préjugé, il ne faut plus faire construire en Angleterre ce que nous pouvons exécuter chez nous, surtout quand il s'agit d'armes de guerre.

Ferait-on un assez grand nombre de bonnes machines dans notre pays, pour satisfaire aux besoins de toutes les compagnies de chemins de fer? Oui, Messieurs, on exécute un grand nombre de bonnes machines en France. On les exécute avec d'énormes sacrifices, par des moyens

de fabrication qui sont incomplets, parce que, n'ayant pas l'espérance de beaucoup de commandes, les constructeurs ne s'outillent pas. Malgré cette infériorité dans les moyens de production, les résultats ont été extrêmement satisfaisants.

On a cité, je le sais, des accidents, des manivelles mal cintrées, des essieux rompus. Tout cela s'est également vu en Angleterre. Je me suis procuré un tableau des accidents arrivés aux machines anglaises, par exemple aux machines locomotives du chemin de Saint-Germain. Ce tableau est dressé par un juste appréciateur de l'industrie de nos voisins; qu'on le lise, et l'on aura beaucoup à rabattre d'une aveugle admiration.

On parle sans cesse de quelques défauts de solidité remarqués à l'origine dans des machines construites en Alsace; ces défauts disparurent aussitôt qu'on les signala. J'en appelle au témoignage de M. Kœchlin : il vous dira que les machines de Thann marchent aussi bien que les machines anglaises. Je pourrais invoquer encore les machines françaises d'Anzin, et M. Joseph Fourier serait mon garant; celles du chemin d'Andrezieux à Roanne sont louées par le syndic de la compagnie, etc., etc.

Quand on parle d'accidents, on croit, je le répète, qu'en Angleterre les machines ont le privilége de ne pas en subir. C'est une immense erreur. J'ai ici sous la main le tableau des réparations effectuées sur le chemin de Liverpool à Manchester, en 1833; ces réparations se sont élevées à une dépense de 453,000 fr. Qu'on l'avoue donc, il arrive des accidents dans les machines anglaises, auprès du lieu même où elles sont fabriquées.

Voudrait-on soutenir que les prescriptions de mon amendement sont sans précédent dans l'administration française? Eh bien, vous trouverez que le 24 juin 1832 M. le ministre de la guerre prescrivait impérieusement, par une circulaire, que tous les fournisseurs de la guerre ne se servissent que de draps et de toiles fabriqués en France. Le gouvernement avait donc senti la nécessité d'encourager l'industrie française : ici c'est plus qu'une industrie, c'est d'une arme puissante qu'il s'agit.

Voici, sans contredit, la question la plus grave.

Les usines françaises pourraient-elles suffire à tous les besoins?

Sur le nombre total des locomotives que nous avons aujourd'hui sur nos chemins de fer, les ateliers français en ont fabriqué 59, l'Angleterre en a fourni 97.

A quoi bon protéger des constructions qui se développent ainsi d'elles-mêmes? Voici ma réponse. Les constructeurs français perdent actuellement sur toutes les locomotives qu'ils exécutent. Ils les vendent à très-bas prix, parce qu'ils n'ont pas d'autre moyen de les faire accepter. Si mon amendement est adopté, nos mécaniciens s'outilleront. Qui pourrait actuellement les engager à acheter des appareils qui coûteraient deux à trois cents mille francs, quand ils n'ont pas la certitude de faire en un an une machine de la seule valeur de 40,000 fr.?

Je disais qu'il était possible de trouver dans les ateliers français de quoi pourvoir à tous les besoins des chemins de fer, aux besoins présents, aux besoins futurs, même en parlant seulement des ateliers qui aujourd'hui construisent des locomotives.

Après une enquête sérieuse, j'ai trouvé que la compagnie d'Anzin pouvait faire 10 machines par an; que la compagnie du Creuzot pourrait en faire 24 dans le même temps; que M. Stehelin s'engagerait à en fabriquer 24; M. André Kœchlin, de Mulhouse, 24; M. Cavé, de Paris, 24; la compagnie de Saint-Étienne à Lyon, 12; M. Cazalis, de Saint-Quentin, 10; M. Pauwels, 18; l'atelier de la Ciotat, sous la direction de M. Stephenson, 10.

Messieurs, la classe des mécaniciens, que concerne plus particulièrement ma proposition, doit exciter au plus haut degré l'intérêt de la Chambre.

Une de vos commissions a maintenant dans ses mains des pétitions qui devaient conduire, comme conséquence nécessaire, à l'amendement que j'ai l'honneur de soumettre à votre bienveillance et à vos lumières. Ces pétitions sont signées par plus de 1,000 ouvriers de Rouen, par 1,500 ouvriers de Paris, par 500 ouvriers du Havre et par 800 ouvriers d'Arras. Ces braves gens n'ont pas d'ouvrage; ce sont cependant des hommes d'élite, des hommes d'une intelligence très-remarquable, très-développée. Ces hommes, vous les trouverez toute la journée travaillant avec ardeur, avec courage, avec habileté; le soir ils suivent des cours publics.

Je parlerai, au besoin, de leur moralité. M. Pauwels vous dira que naguère il fut obligé, comme tant d'autres chefs de nos ateliers, de renvoyer la moitié de ses 400 ouvriers. « Je garderai, leur dit-il, les plus habiles et les plus anciens. » Le lendemain il reçut une lettre que tous les ouvriers, que tous les 400, sans exception, avaient souscrite. Ces ouvriers demandaient que personne ne fût

renvoyé, et qu'on réduisît leur journée à moitié de l'ancien prix. Ils s'étaient coalisés, comme je l'ai dit dans une autre enceinte ; ils s'étaient coalisés pour souffrir en commun. C'était, vous le voyez, un genre de coalition que la loi pénale n'avait pas prévue.

Savez-vous ce que deviennent maintenant ces hommes d'élite, ces hommes qui, pour la plupart, ont déjà appartenu à l'armée, aux armes du génie et de l'artillerie? Ils deviennent terrassiers, humbles terrassiers sur vos chemins de fer.

J'en conjure la Chambre, qu'elle réfléchisse sur la portée de mon amendement; elle verra que les chemins de fer ne souffriront pas de son adoption, et que le pays y gagnera beaucoup.

Je ne devine pas comment, en présence de ces résultats, on pourrait hésiter à organiser chez nous la fabrication d'une arme qui nous sera indispensable en cas de guerre maritime, tout aussi indispensable que la poudre et les canons. (Très-bien, très-bien!)

[Après la réponse de M. Gouin, ministre du commerce, et les observations de quelques députés, M. Arago a ajouté :]

Je ne propose en aucune manière des modifications dans le tarif des douanes. Les compagnies de chemins de fer ne paieront pas, si mon amendement est adopté, leurs machines un centime plus cher qu'elle ne les paient sous la législation actuelle.

Ce que j'ai demandé, c'est qu'on encourage la fabrication des machines à vapeur, comme on encourage la fabrication de la poudre, la fabrication des fusils. C'est une question d'intérêt national, de force nationale, d'indépen-

dance nationale, et non pas une question de douanes.

Je me suis mis en rapport avec nos constructeurs de machines; j'ai reconnu qu'ils pourraient lutter avec l'Angleterre et à armes égales. Ce que je vous demande est une chose très-facile ; il n'est pas question de liberté du commerce, car, je le répète, je n'ai proposé mon amendement que pour les chemins subventionnés, pour les chemins qui, comme le disait M. Duchâtel, ont abdiqué une partie de leur liberté.

Je n'ai pas proposé qu'on reportât les droits de 15 à 30 p. 0/0. Ce serait grever les entreprises de chemins fer d'une dépense considérable dans une loi où il s'agit précisément de venir à leur secours. Un vieux dicton dit : *Donner et retenir ne vaut.* Je demande seulement que nos constructeurs français luttent à armes égales avec les constructeurs anglais.

Les constructeurs français, ayant la certitude qu'on s'adressera à eux, s'outilleront (qu'on me permette cette expression) comme sont outillés les mécaniciens anglais, et alors ils feront aussi bien que les étrangers. Je ne demande pas l'augmentation des droits. M. le ministre s'est trompé quand il a cru que mon amendement se combinait avec celui de M. Pauwels. Je demande que l'on ne confie pas l'exécution de nos machines à des étrangers, pas plus que je ne voudrais voir livrer à des étrangers la fabrication de la poudre et des armes de guerre. Je reviens sur cet argument, car c'est celui qui m'a déterminé à proposer mon amendement.

**[La Chambre prononce le renvoi de l'amendement de M. Arago à la commission des douanes.]**

## V

[Le 17 juin 1840, M. Arago est revenu dans les termes suivants sur sa proposition, à l'occasion d'un projet de loi relatif à l'établissement de paquebots à vapeur entre la France et l'Amérique.]

Messieurs, la Chambre comprendra que l'amendement que j'avais présenté hier était l'avant-coureur d'un amendement que je voulais proposer sur la loi des paquebots. La Chambre ayant paru désirer que ces questions-là fussent résolues dans la loi des douanes, je n'insisterai pas; mais je demanderai au gouvernement s'il trouverait quelque inconvénient à s'expliquer dès ce moment-ci sur des projets qu'il a relativement au mode de construction des bateaux à vapeur.

Le gouvernement, je le sais, a consulté une autorité fort compétente; il a demandé un rapport au comité consultatif des arts et des manufactures. Je crois être certain que ce comité a répondu que nos constructeurs étaient parfaitement en mesure (C'est vrai!) de fournir les paquebots des machines de 450 chevaux dont on vient de parler. Je sais que l'administration de la marine, à laquelle on doit s'en rapporter pour la construction de ces machines à vapeur, est très-bien disposée pour la plupart de nos usines. Mais je sais aussi qu'il y a dans les règlements de la marine, dans ses habitudes, des exigences qui placent nos constructeurs dans une position extrêmement défavorable, dans une position non-seulement défavorable pécuniairement parlant, mais encore dans une position très-défavorable sous un rapport auquel

nos compatriotes doivent être très-sensibles, sous le rapport d'honneur.

Voici quels sont les règlements de la marine, quelles sont ses habitudes avec les constructeurs, que d'ailleurs elle traite avec beaucoup de bienveillance à d'autres égards.

Elle paie par tiers. Eh bien, qu'elle paie par tiers aux mêmes conditions aux Anglais, nous n'aurons rien à dire; mais quand c'est un constructeur anglais auquel l'administration de la marine s'adresse, elle donne, le jour de la signature du contrat, le tiers de la somme convenue. Au contraire, nos constructeurs ne sont payés de ce tiers-là que fort tard.

Quand un constructeur français traite avec l'administration de la marine, on prend sur le prix concédé 3 p. 0/0 au profit de la caisse des Invalides. Ces 3 p. 0/0 ne sont pas ordinairement pris s'il s'agit d'un constructeur anglais.

Quand le constructeur est français, on exige de lui un cautionnement, et le cautionnement n'est jamais exigé de la part d'un constructeur anglais.

Enfin, quand le constructeur est un de nos compatriotes, on demande qu'un banquier signe solidairement l'acte qui l'engage envers l'État; et tout cela ne s'obtient pas sans de très-grands sacrifices.

Je demande, si le gouvernement s'adresse à nos constructeurs, comme je l'espère, comme l'avis favorable du comité consultatif des arts et des manufactures me le fait supposer, je demande que les constructeurs français soient traités aux mêmes conditions que les constructeurs

anglais, et que les prescriptions dont je viens de parler ne leur soient pas imposées, car elles diminueraient les bénéfices de manière à rendre impossible la propagation de cette industrie dans notre pays.

Je prie M. le ministre de prendre en considération les observations que j'ai faites, et les règlements maritimes qui placent les constructeurs français dans une position défavorable avec les constructeurs anglais, non-seulement sous le rapport pécuniaire, mais encore sous le rapport moral. Je viens de parler de la position de nos constructeurs relativement aux constructeurs anglais. Je suis heureux de pouvoir vous donner un renseignement qui émane d'une autorité compétente, d'un des ingénieurs de la marine royale les plus distingués, actuellement employé à Toulon, et qui montre que les constructeurs français, même pour la force à laquelle ils ont atteint, n'ont rien à craindre de la comparaison avec les constructeurs anglais, quand on met les machines entre les mains d'ingénieurs expérimentés, et qu'on ne vise pas à faire des économies. Voici la lettre :

« Les machines du *Fulton* (c'est un constructeur franqui a fourni *le Fulton*) sont encore dans un état parfait, ainsi que ses chaudières, les plus anciennes de toutes celles en fer de nos bâtiments y compris *le Sphinx*, par Fawcett, qui est à son huitième jeu. Ces faits montrent évidemment une supériorité de fabrication et de précision dans le montage, et ils me semblent un argument sans réplique contre les préventions de l'anglomanie. Votre *Achéron*, plus moderne, promet de marcher sur les mêmes traces que *le Fulton*, son aîné ! »

C'est l'ingénieur de la marine royale de Toulon qui écrivait ces lignes flatteuses à M. Hallette, d'Arras.

## VI

[Lors du vote de la loi de concession du chemin de fer de Paris à Strasbourg, dans la séance de la Chambre des députés du 2 juillet 1844, M. Arago est encore revenu sur sa proposition. Voici les paroles qu'il a prononcées à cette occasion, extraites du *Moniteur* du 3 juillet.]

Je propose un amendement qui intéresse au plus haut degré l'honneur national, la défense du pays. Je demande que, dans tous les chemins subventionnés par l'État, on emploie au moins neuf machines sur dix exécutées dans nos ateliers.

Je demande cette disposition avec instance parce qu'il est établi à mes yeux que nos mécaniciens travaillent aussi bien que les étrangers. Je le demande aussi par un motif d'humanité. J'affirme qu'il y a dans ce moment, dans la seule ville d'Arras, trois ou quatre cents mécaniciens qui n'ont pas d'ouvrage. Je n'ai fait une exception sur dix qu'afin qu'on puisse, au besoin, se procurer des modèles. Songez, Messieurs, songez que les machines à vapeur sont des instruments de guerre ; que si la guerre éclate, ce sera à coups de machines à vapeur qu'on se battra. Vous devez réserver soigneusement au pays le moyen d'exécuter ces machines. Dans les combats de bateaux à vapeur, l'intelligence et l'habileté des mécaniciens et des chauffeurs joueront un grand rôle. Créez donc sans retard des chauffeurs et des mécaniciens. Il y a va de l'honneur du pays.

Messieurs, la marine recrute ses équipages de navires à voiles parmi les matelots. Il faudra bien qu'elle compose en partie ses équipages de bâtiments à vapeur de mécaniciens. Elle sera obligée de former de nouvelles classes nautiques. La situation qu'on fera ainsi aux ouvriers mécaniciens deviendrait intolérable, si leur nombre ne s'accroissait pas considérablement.

[Après la réponse de M. Laplagne, ministre des finances, M. Arago a ajouté :]

Messieurs, il y a dans notre pays, et particulièrement dans les conseils des compagnies de chemins de fer, des personnes qui ont des préjugés enracinés sur une prétendue infériorité de nos mécaniciens. (Non! non!) Messieurs, ne me forcez pas de citer des noms; si vous l'exigiez, j'en citerais beaucoup.

La première de toutes les forces est la confiance en soi-même. Si le gouvernement ne montre pas clairement cette confiance, en déclarant que dans tous les chemins de fer qu'il dirigera, qu'il subventionnera, qu'il exploitera, on emploiera les neuf dixièmes de locomotives fabriquées en France, vous pouvez être assurés que les compagnies s'approvisionneront de machines hors de France.

La séance est trop avancée, et MM. les députés sont trop impatients, pour que je tente de prouver en détail qu'il y a, sous ce rapport, dans notre pays, des préjugés absurdes et invétérés.

Je reconnais, j'en ai été averti, que dans la loi de douanes on a porté le droit d'entrée des machines locomotives à 30 p. 0/0, tandis qu'il n'était jusqu'ici qu'à 15 p. 0/0. Voulez-vous que je vous dise comment est arrivé

ce changement de tarif? J'ai soutenu ici une lutte très-longue et très-vive pour faire établir que les locomotives sont des machines à vapeur; elles étaient portées dans la loi de douanes comme machines à dénommer. Vous voyez donc, M. le ministre, qu'il n'était pas tout à fait exact de dire que vous n'aviez pas attendu mes avertissements pour faire cette modification.

Rien n'est plus important que de faire exécuter les machines à vapeur dans nos ateliers. Je sais de science certaine, que des membres de certaines compagnies sont imbus de préjugés sur cette question, et il faut les faire disparaître. Je sais quelle lutte j'ai eu à soutenir pour faire prévaloir parmi des officiers pleins de mérite, l'opinion que nos artistes pouvaient exécuter les instruments de précision, ceux dont la marine fait usage, par exemple, aussi bien que les artistes anglais. J'ai été dix ans à faire prévaloir cette opinion; avec le temps et la persévérance, j'arriverai au même résultat pour les machines. Il est d'une importance extrême d'exécuter les machines à vapeur de toute nature dans nos ateliers, parce qu'il est indispensable d'augmenter en France le nombre des mécaniciens. Je le répéterai à satiété, la marine en a besoin; souvent le résultat d'une bataille dépendra de l'habileté du chauffeur et du mécanicien. Je sollicite dans un intérêt national..... (Aux voix, aux voix!) Je vois que c'est un parti pris..... Je profite d'un moment de silence pour répéter qu'il est question dans mon amendement de ce qu'il y a de plus précieux au monde, de la défense de notre pays. Voilà une vérité évidente. Votez maintenant comme vous voudrez!

# LES CHEMINS DE FER

[M. Arago a exercé une grande influence sur la direction imprimée à l'établissement des chemins de fer en France. Les discours qu'il a prononcés, les rapports qu'il a rédigés à cette occasion forment, sur les diverses questions que le sujet comporte, de véritables Notices scientifiques réunies ici dans l'ordre chronologique.]

## I

### NÉCESSITÉ D'EMPÊCHER LES COMPAGNIES DE RELEVER LEURS TARIFS IMMÉDIATEMENT APRÈS LES AVOIR ABAISSÉS

[A l'occasion du vote d'une loi portant concession du chemin de fer de Montpellier à Cette, M. Arago a proposé l'amendement suivant :

« Toutes les fois que le concessionnaire aura cru devoir réduire les tarifs pour les personnes et les marchandises, il ne pourra plus les élever sans le consentement du conseil municipal de Montpellier. »

M. Arago a développé son amendement dans le discours suivant, extrait du *Moniteur* du 12 juin 1836.]

Messieurs, je suis partisan des chemins de fer, tout autant que qui que ce soit au monde; mais je suis partisan des chemins de fer, à la condition que la masse du public y trouvera quelque profit.

Eh bien, vous savez ce que font les concessionnaires des chemins de fer; la loi fixe un prix maximum; il y a quelquefois des moyens de communications plus écono-

miques que celui que présente le chemin de fer; momentanément, la compagnie du chemin fer abaisse les prix de manière à tuer tous les moyens de communication économique qui sont dans les environs; et aussitôt que ces moyens de communication n'existent plus, on revient au prix maximum, de manière que le public, loin d'avoir tiré quelque profit de l'exécution du chemin de fer, se trouve n'avoir plus à sa disposition les moyens de communication peu coûteux dont il pouvait précédemment tirer parti.

C'est là ce qui est arrivé pour le chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon; on a abaissé les prix pour tuer toutes les diligences, et faire que les habitants de ces deux villes ne pussent plus aller de l'une à l'autre que par le chemin de fer; et aussitôt que les compagnies rivales furent anéanties, leur matériel dispersé, on est revenu à des prix excessifs.

Nous aurons aussi cette question à résoudre pour le projet qui vient immédiatement après celui-ci; pour le chemin de fer de Paris à Versailles, mon but deviendra très-clair.

Nous avons maintenant, pour communiquer entre Paris et Versailles, des voitures qu'on appelle des *Gondoles*, et d'autres voitures à volonté qu'on désigne par le nom burlesque de *Coucous*.

Ces voitures portent les habitants de Paris à Versailles à des prix très-minimes; les deux tiers de la population de Paris qui vont à Versailles se servent de ces coucous à 75 cent. Maintenant le maximum du tarif pour le chemin de fer est 1 franc 80 centimes. Il n'y a pas de doute

que la compagnie commencera par abaisser ses prix de manière à faire disparaître toutes les entreprises de transport rivales, et reviendra ensuite à des tarifs exagérés. C'est cela que je veux éviter par mon amendement.

Je n'ai pas voulu non plus que la compagnie qui aurait fait un mauvais calcul, qui dans ses prévisions se serait imaginé, par exemple, que les rails résisteraient pendant longtemps, que les machines locomotives ne donneraient pas lieu à de grandes réparations, je n'ai pas voulu qu'elle pérît pour avoir fait un mauvais calcul. Je n'ai pas voulu qu'elle portât la peine de diminutions légitimes, naturelles, faites dans un but d'amélioration. Le conseil municipal de la ville principale sera juge de la question; il dira si la réduction doit être maintenue, ou bien si elle doit être modifiée; mais dans le cas où la réduction de prix aurait eu pour but de tuer des moyens de communication économique qui existaient entre une ville et l'autre, il n'y aurait pas de loyauté à permettre à la compagnie de revenir à des tarifs très-élevés; car la masse de la population, loin d'avoir profité de l'établissement du chemin de fer, se trouverait y perdre beaucoup.

Je le répète, les deux tiers des habitants de Paris qui se transportent à Versailles y vont pour 75 centimes. Eh bien, aussitôt que la compagnie sera autorisée, elle abaissera ses prix au-dessous de ceux des autres voitures, de manière à les faire disparaître, et reviendra ensuite à des prix plus élevés.

Dans les dispositions de mon amendement, la compagnie ne portera point la peine d'un mauvais calcul, et en l'adoptant, vous aurez garanti les intérêts de la

masse de la population, et c'est, ce me semble, à la masse de la population que nous devons surtout porter intérêt.

[Après la réponse de M. Legrand, directeur général des ponts et chaussées, M. Arago s'est exprimé en ces termes :]

Messieurs, lorsque j'ai vu M. le directeur général monter à la tribune, j'ai cru qu'il avait la bonté de venir appuyer mon amendement. En effet, M. le directeur général, il y a trois jours, m'a dit qu'il était arrivé à la même conséquence que moi sur les inconvénients de cette concurrence qui peut détruire les compagnies rivales, qu'il avait à cet égard les mêmes idées que moi. Je l'avais même prié, comme ayant plus l'habitude que moi des rédactions administratives, de rédiger l'amendement.

M. LE DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES. Je vous demande pardon... Je demande la parole pour un fait personnel.

M. ARAGO. Il a ajouté qu'une considération l'avait empêché de présenter cet amendement dans le projet de loi, et que cette considération était qu'il n'avait pas trouvé de sanction pénale.

M. le directeur général nous a parlé de la liberté du commerce. Aussi, je ne demande pas que la Chambre prenne aucune disposition analogue à ce qui a lieu quand il s'agit de compagnies tout à fait libres, qui ne demandent au gouvernement aucune espèce de privilége. Mais quand il s'agit d'expropriation, lorsqu'on demande à l'autorité un véritable privilége, lorsque vous vous croyez autorisés, malgré le principe de la liberté du commerce, à fixer le prix maximum du péage, je ne vois pas pour-

quoi vous n'interviendriez pas lorsqu'il s'agit de quelques modifications à apporter à ce prix.

M. le directeur général a parlé de ce qui existait en Angleterre. En Angleterre, il y a une mesure appliquée à beaucoup d'entreprises de cette nature, que je n'aurais pas osé proposer à la Chambre, parce qu'elle jetterait dans nos habitudes des éléments de discussion : je veux parler du droit de révision. En Angleterre, le gouvernement se réserve le droit de modifier les tarifs lorsque les bénéfices atteignent un certain taux, et en général c'est 10 p. 0/0. Le gouvernement peut alors diminuer le tarif imposé dans l'acte de concession. Qu'arrive-t-il? c'est que toujours les dividendes sont de 9 francs 99 centimes. Aussitôt qu'on est arrivé à ce taux, on applique le surplus à l'amélioration du matériel, du chemin, etc. Si l'on voulait admettre ce mode dans notre pays, pour moi, je n'y suis nullement disposé; si l'on disait que l'administration aura le droit d'examiner les comptes de *doit* et *avoir* d'une compagnie, pour diminuer le tarif quand les bénéfices auraient dépassé un certain taux, ce serait à peu près l'équivalent de la stipulation que je propose à la Chambre; mais je crois que cette surveillance de l'administration sur les comptes d'une compagnie particulière ne conviendrait pas à nos mœurs, à nos habitudes, et c'est pour cela que, pour parer à un inconvénient qu'on ne peut méconnaître, je demande que la compagnie ne puisse tuer à sa guise, quand elle le voudra, les entreprises de transports rivales qui sont à côté d'elle.

Si vous n'admettez pas cet amendement, voici ce qui arrivera pour Paris. Les Parisiens, qui vont à Versailles

pour 15 sous, ne pourront plus y aller que pour 30. Voilà le bénéfice qu'ils auront trouvé dans le chemin de fer voté par la Chambre.

[M. Salvandy, rapporteur de la commission de la Chambre, ayant déclaré qu'il ne voyait d'inconvénient à l'amendement de M. Arago, que dans l'attribution au conseil municipal de Montpellier du jugement de la question de l'opportunité de relever les tarifs, M. Arago a ajouté :]

Eh bien, mettez « sous le consentement de l'administration. » Cela répondra à l'argument de M. le ministre du commerce, qui craint les susceptibilités municipales.

[M. de Salvandy déclara alors n'avoir plus d'objection à faire, mais M. le ministre du commerce prétendit ne pouvoir accepter la responsabilité que l'amendement imposerait à l'administration.

La Chambre a rejeté la proposition de M. Arago. Plus tard tous les cahiers des charges de concessions de chemins de fer à des compagnies, ont porté que les taxes ne pourraient être réduites que d'après le consentement de l'administration, et que, les réductions étant approuvées, les tarifs ne pourraient être relevés avant un délai d'un an.]

## II

### SUR LES INCONVÉNIENTS DE L'ÉTABLISSEMENT DE DEUX CHEMINS DE FER DE PARIS A VERSAILLES

[A l'occasion du vote de la loi sur les chemins de fer de Paris à Versailles, M. Arago a prononcé le discours suivant, extrait du *Moniteur* du 14 juin 1836.]

J'avais l'intention de me borner à examiner la question de savoir si deux routes peuvent être exécutées simultanément et avec fruit, entre Paris et Versailles. Mais les éloges sans restriction que M. le directeur général des ponts et chaussées vient de donner au projet de chemin

sur la rive droite, m'obligent à examiner si ces éloges ne peuvent pas donner lieu à quelques doutes.

Je remarque d'abord que M. le directeur général des ponts et chaussées a insisté sur cette circonstance que, suivant lui, la tête du chemin de la rive droite est dans une position plus centrale. Il faut s'expliquer sur une pareille qualification.

M. LEGRAND. Je n'ai pas dit cela.

M. ARAGO. Il est très-vrai, comme l'a dit M. Legrand, que les diligences se sont en général établies sur la rive droite. Mais cela peut ne pas tenir à des considérations de commodité pour les voyageurs. J'ignore, pour ma part, quels ont été les motifs qui ont déterminé les directeurs des diligences de Versailles à se placer sur la rive droite; mais, je me trompe, l'un de ces motifs je le trouve dans l'argumentation de M. le directeur général des ponts et chaussées, dans cette assertion dont je m'empare, que le chemin de terre de la rive gauche est plus long que le chemin de terre de la rive droite. Or, tout le monde comprendra que lorsqu'on veut aller de Paris à Versailles avec des chevaux, on prenne le chemin le plus court.

Nous avons, d'ailleurs, un moyen irrécusable de résoudre la question que M. Legrand a soulevée. Ce moyen, la commission l'a employé; il consiste à chercher, non pas le centre de figure de Paris, car la surface irrégulière de cette ville n'a pas de centre proprement dit, mais le centre de gravité de la population parisienne, mais le point autour duquel cette population est également répartie. On a découvert que ce point est dans le voisinage de la rue des Bourdonnais. Eh bien, cherchez, d'une part,

la distance de la rue des Bourdonnais à la tête du chemin de la rive droite, et de l'autre, la distance de la même rue à la tête du chemin de la rive gauche, et vous trouverez cette seconde distance beaucoup moins grande que la première.

On répond, je le sais, que les habitants d'un certain côté de ce centre de gravité ne jouissent pas des facultés de locomotion, ou du moins qu'ils n'ont pas les moyens de les exercer; on dit que le désir d'aller à Versailles, et l'argent que ce voyage coûte, n'appartiennent qu'à la population voisine des boulevards. Nous avons une réponse catégorique. Je reconnais avec vous que les habitants de la Chaussée-d'Antin et des boulevards ne voyagent guère par les voitures économiques qu'on appelle les *Coucous;* je reconnais que ces sortes de voitures ont affaire seulement aux classes moyennes et aux classes pauvres. Eh bien, ce sont elles qui transportent les deux tiers des habitants de Paris qui vont à Versailles; ce sont ces deux tiers des habitants voyageurs que vous favoriseriez en portant la tête du chemin sur la rive gauche.

Le chemin de fer de la rive droite aura le défaut d'être plus long que l'autre d'un tiers ou d'un quart. C'est un défaut capital, non-seulement parce qu'il donnera lieu à une plus grande dépense d'établissement, mais aussi à raison d'un tiers ou d'un quart d'augmentation qu'il amènera dans les frais de traction et dans l'entretien des machines locomotives. Les machines locomotives, en effet, se détériorent proportionnellement à la longueur du chemin qu'elles parcourent. Aussi, remarquez, Messieurs, que nos maîtres en fait de chemins de

fer, que les Anglais, dont nous consultons chaque jour l'expérience, cherchent à tout prix à raccourcir les longueurs parcourues. Le chemin de fer de Liverpool à Manchester renferme des plans inclinés assez rapides; pour franchir ces plans, les machines locomotives ne suffisent pas; on est obligé d'avoir recours à d'autres moyens. Eh bien, on aurait pu les éviter en faisant certains détours. En suivant la Mersey et remontant l'Irwel, on eût pu arriver à Manchester sans plans inclinés; mais la route eût été notablement plus longue, et on a passé par-dessus l'inconvénient des fortes pentes.

M. LE DIRECTEUR GÉNÉRAL. Vous êtes dans l'erreur.

M. ARAGO. Je crois être certain du fait. Je le tiens d'une personne bien informée, et tout à fait compétente.

M. LE DIRECTEUR GÉNÉRAL. Vous l'êtes vous-même.

M. ARAGO. Je dis qu'à Liverpool, on aurait pu éviter des pentes rapides, en allongeant notablement la route; on a mieux aimé passer condamnation sur un vice capital, pour avoir un chemin plus court. Chez nous, avec des pentes semblables, c'est le chemin le plus long qu'on vous propose. La ligne de la rive droite est d'un quart au moins plus longue que celle de la rive gauche.

M. le directeur général vous a parlé de souterrains à faire dans le parc de Saint-Cloud, comme d'un travail peu important; je le regarde, moi, comme très-difficile; j'ai la certitude que son exécution exigera un temps fort long. Quand on fait un souterrain et qu'on a la permission d'extraire les déblais par les deux bouts et par des puits, le travail peut marcher avec assez de rapidité;

mais ici le cahier des charges impose aux adjudicataires l'obligation d'attaquer la montagne par un seul bout. Les déblais et les transports des matériaux se feront donc toujours par la même ouverture. La marche des travaux ne pourra manquer d'en être considérablement ralentie.

J'ai demandé, au surplus, à deux personnes qui ont une grande habitude de ce genre de travail, et cela sans leur faire part du but de ma question, je leur ai demandé combien elles espéraient qu'on pourrait faire de mètres de galerie, en se renfermant dans les conditions rigoureuses du cahier des charges. Leur réponse a été qu'on pourrait avancer de huit à dix mètres par mois. Il y a 800 mètres, vous auriez donc à attendre de quatre-vingts à cent mois... (Bruits divers... Dénégations.)

Messieurs, cette bruyante dénégation ne fait pas que le résultat que je présente ne m'ait été donné par des personnes tout aussi compétentes que le membre de la Chambre qui m'interrompt. Je dirai plus, je dirai qu'ayant consulté, par un intermédiaire, la personne qui a fait le projet de chemin, et cette personne est un ingénieur très-habile, un de mes anciens camarades de l'École polytechnique, j'ai su qu'elle n'oserait pas affirmer que le souterrain en question sera exécuté en trois ans; moi je crois qu'il en faudra cinq ou six. Ainsi, ceux-là se trompent beaucoup qui admettent le projet de la rive droite avec l'idée qu'elles verront un chemin l'an prochain. Le souterrain amènera un énorme retard, sans parler de la dépense.

On a parlé de ce souterrain, seulement sous le rapport de l'exécution; il y aurait bien d'autres considérations à

présenter à ce sujet. Les souterrains parcourus par des machines locomotives n'ont pas été assez éprouvés pour que l'on sache si on y établira facilement des moyens de purifier l'air. Voyez, en effet, ce que je trouve dans l'ouvrage que M. le docteur Lardner vient de publier ; il est de 1836. Je traduis littéralement :

« *Directions sincères pour les spéculateurs sur les chemins de fer.*

« Je dois observer, en général, que nous n'avons encore que peu d'expérience, ou même que nous n'en avons aucune, sur les effets des souterrains dans des lignes de chemins de fer, où des machines locomotives doivent traîner une grande quantité de voyageurs. Sur le chemin de Leicester à Swanington, il y a un souterrain (*tunnel*) d'environ un mille de long, dans une partie où le terrain est à peu près de niveau ; la ventilation s'opère dans ce souterrain par huit puits (*shafts*). Je l'ai souvent parcouru avec une machine locomotive, et je dois dire qu'alors même que j'étais dans une voiture bien fermée, l'incommodité (*the annoyance*) était très-grande, et de telle nature, qu'elle ne pourrait pas être tolérée sur des lignes fréquentées par un grand nombre de voyageurs. »

M. LE COMMISSAIRE DU ROI. De quelle date est le passage ?

M. ARAGO. De 1836. M. Lardner ajoute, il est vrai, que sur le chemin de Leeds à Selby, où l'on brûle du coke, l'inconvénient ne paraît pas être aussi grand, et que personne ne refuse de traverser le tunnel avec une machine locomotive.

Il y a relativement aux tunnels une circonstance capitale dont je vais encore entretenir la Chambre, puisque

M. le directeur général n'a pas jugé à propos d'en dire un seul mot. Messieurs, aussitôt qu'on descend à une certaine profondeur dans le sol, on a toute l'année une température constante. A Paris et dans ses environs, cette température est de huit degrés Réaumur environ; personne n'ignore d'autre part, qu'en été, à l'ombre et au nord, le thermomètre de Réaumur (je parle de ce thermomètre, parce que vous en avez peut-être une plus grande habitude que du thermomètre centigrade), le thermomètre de Réaumur est quelquefois à trente degrés au-dessus de zéro; au Soleil, la température est de dix degrés plus considérable. D'ailleurs, on n'arrivera pas d'emblée à l'embouchure du tunnel; les approches sont formées par des tranchées profondes, comprises entre deux faces verticales fort rapprochées, où le renouvellement de l'air sera très-lent, où la chaleur ne pourra pas manquer d'être étouffante. Ainsi on rencontrera dans le tunnel une température de huit degrés Réaumur, en venant d'en subir une de quarante ou quarante-cinq degrés. J'affirme sans hésiter que dans ce passage subit les personnes sujettes à la transpiration seront incommodées, qu'elles gagneront des fluxions de poitrine, des pleurésies, des catarrhes. (Bruits divers.)

On a parlé tout à l'heure de toutes les merveilles du chemin de la rive droite; permettez-moi de vous présenter l'ombre du tableau. (Parlez!) Je ne devine pas ce qui peut soulever des doutes. Quelqu'un conteste-t-il que dans l'intérieur de la terre, à la profondeur du souterrain, la température ne doive être à peu près constante, et de dix degrés et demi centigrades, ou de huit degrés et une

fraction de Réaumur? Veut-on nier qu'à l'ombre et au nord, la température sera quelquefois de trente degrés; que dans la tranchée qui précèdera le tunnel, elle s'élèvera de dix à quinze degrés de plus? Ceci une fois admis, j'en appelle à tous les médecins pour décider si un abaissement subit de quarante-cinq à huit degrés de température n'amènera pas des conséquences fatales? Veut-on d'ailleurs des faits, j'en citerai un.

Je traversais un matin, par un temps nébuleux, le tunnel de Liverpool, situé sous la ville, et dans lequel les voyageurs ne vont plus. L'alderman avec lequel je faisais route était transi, et me demanda en grâce de l'envelopper dans ma redingote. Cependant la différence de température n'était pas à beaucoup près aussi considérable que celle dont je viens de parler, et qui existera inévitablement pendant deux ou trois mois de l'année au tunnel de Saint-Cloud.

Vous savez, Messieurs, puisque je les ai développées à cette tribune, quelles sont mes idées sur l'explosion des machines à vapeur; vous savez que je ne crains pas beaucoup l'explosion des machines à haute pression; j'ai même soutenu qu'avec les précautions que la loi prescrit elles doivent être moins fréquentes que les explosions des machines ordinaires. Mais enfin la chose est possible; il est possible qu'une machine locomotive éclate; c'est alors un coup de mitraille; mais à la distance où sont placés les voyageurs, le danger n'est pas énorme. Il n'en serait pas de même dans un tunnel : là vous auriez à redouter les coups directs et les coups réfléchis; là vous auriez à craindre que la voûte ne s'éboulât sur vos têtes.

Je le répète, au surplus, je ne crois pas que le danger soit bien grand ; mais enfin puisqu'on a cité en faveur de la rive droite une foule d'avantages qui ne m'avaient pas frappé, j'ai rempli un devoir en montrant que le long souterrain augmenterait considérablement les fâcheux effets d'une explosion.

Vous vous êtes déjà demandé, sans doute, à quelle conséquence je veux arriver par cette discussion. La conséquence, je ne vous la ferai pas attendre ; la voici : Il y a dans la Chambre des membres qui, comme moi, pensent que le chemin de la rive gauche est préférable à celui de la rive droite, sous le rapport de l'art ; car les pentes sont les mêmes, la longueur est notablement moindre, et il n'y a pas de souterrain. M. le directeur général vous a dit que telle n'était pas l'opinion du conseil des ponts et chaussées. Je conçois que la Chambre, en présence de ces divergences d'opinion, ne veuille pas se prononcer sur une question d'art ; mais elle aurait un moyen radical, décisif, incontestable, pour arriver au but ; ce serait de mettre simultanément les deux chemins en adjudication. Le meilleur demandera évidemment le moindre péage. Pour moi, qui crois la rive gauche préférable, je suis convaincu que les soumissionnaires exigeraient un moindre prix pour cette rive que pour la rive droite, si vous décidiez que l'adjudication devrait porter sur le transport total de Paris à Versailles.

M. Vivien. Alors il faudra leur donner le monopole.

M. Arago. Nullement, je ne le demande pas ; je me suis borné à dire que dans l'impossibilité où la Chambre peut se trouver de prononcer entre les éloges que M. le

directeur général des ponts et chaussées a donnés au chemin de la rive droite, et les critiques qui pourront être faites de ce projet, je conçois qu'elle doit chercher un moyen indirect de trancher la question. Ce moyen, j'ai cru l'avoir trouvé; il consisterait à mettre les deux chemins en adjudication le même jour et à donner la préférence à celui qui porterait le voyageur de Paris à Versailles à meilleur marché. Demandez au public parisien si cette solution ne serait pas celle qu'il préférerait.

Pourquoi vous opposer, m'a-t-on dit, à l'exécution simultanée des deux chemins? Je m'y oppose, parce que j'ai la conviction profonde que ce nouveau mode de communication n'apportera pas dans les habitudes de la population autant de changement qu'on le suppose; parce que, à mon avis, il n'y aura pas un nombre aussi grand de voyageurs qu'on l'espère.

Malgré mon désir d'être court, je vous demanderai encore la permission de dire sur quels chiffres repose ma conviction.

Dans le rapport de la commission, on a porté le nombre des voyages (remarquez que je ne dis pas des voyageurs) qui se font entre Paris et Versailles, à 1 million. Pour moi, j'en demande pardon aux membres de la commission et à M. le rapporteur, je suis persuadé que cette évaluation est un peu trop forte. D'après les documents que j'ai recueillis, ce nombre, terme moyen, ne doit pas surpasser 800,000. Il est possible qu'il se soit élevé quelquefois à 1 million, mais généralement il faut compter sur 800,000. Prenons maintenant pour le taux moyen des

transports 1 franc 50 centimes, et vous aurez 1,200,000 francs de recette.

A combien se monteront les dépenses? Si vous admettez les deux chemins, vous aurez une longueur de rails et de parcours peu inférieure à celle du chemin de fer de Manchester à Liverpool; prenons donc les réparations qu'exige ce chemin de fer, et vous saurez ce qu'exigeront les deux chemins réunis. Eh bien, je trouve dans l'ouvrage le meilleur qui ait été publié en Angleterre sur les chemins de fer, dans un ouvrage, je le dis avec joie, sorti de la plume d'un ancien élève de l'École polytechnique, M. de Pambour; je trouve qu'en 1834 les réparations du chemin et des machines ont coûté 750,000 francs; ainsi il faudra 750,000 francs pour les réparations des deux chemins et des voitures locomotives qui y circuleront. Ce nombre étant retranché des 1,200,000 fr. de recettes, que reste-t-il? 450,000 fr.

Vous n'avez sans doute pas oublié qu'il faudra payer un personnel assez considérable, qu'il faudra acheter du charbon de terre, qu'il est possible même que les compagnies soient amenées à ne brûler que du coke. Je n'exagérerai pas en évaluant l'ensemble de ces dépenses à 150,000 fr. Le revenu net des deux chemins ne dépassera donc pas 300,000 francs par an.

Triplez si vous voulez le nombre des voyageurs, comme M. le rapporteur croit pouvoir le faire, triplez la recette nette et vous n'arriverez encore qu'à 900,000 fr.

On vous a parlé tout à l'heure de ce que coûteraient les deux chemins. Je mets en fait, moi, que chaque chemin coûtera 10,000,000 de francs, quoiqu'on ait

évalué la dépense à des sommes beaucoup plus faibles.

Pour donner un revenu de 5 p. 0/0, il faudrait que la recette nette s'élevât à 1 million. Or, vous n'arriverez pas à ce chiffre en admettant même que le nombre des voyageurs soit triplé.

M. Vatout. Vous vous trompez.

M. Arago. Ainsi je crois qu'il n'y a pas entre Paris et Versailles de quoi alimenter deux chemins de fer.

La commission prévoit, dans le rapport, que le nombre des voyageurs doublera, triplera, quadruplera peut-être. Il est très-vrai que le nombre des voyageurs a triplé sur le chemin de Manchester à Liverpool.

Il était anciennement de 450 par jour; il est maintenant de 1,300. Pourquoi? C'est que Liverpool et Manchester ne sont pas des villes placées comme Paris et Versailles; c'est que les relations entre Liverpool et Manchester sont des relations de commerce. Les habitants de Paris ne vont guère à Versailles que pour leur amusement. Or, vous le savez par les spectacles, la somme que l'on consacre aux plaisirs à Paris ne varie pas; augmentez, diminuez le nombre des théâtres; répartissez-les comme vous voudrez dans les divers quartiers, leur recette totale reste la même. Un voyage à Versailles est une sorte de spectacle; je crois donc, sauf les premiers moments de curiosité, que vous augmenterez un peu, mais seulement un peu le nombre des voyageurs, et même, si l'on n'adopte pas un amendement de la nature de celui que j'avais présenté l'autre jour, il pourrait se faire que ce nombre diminuât; mais bien certainement il n'augmentera pas beaucoup.

On paraît étonné de l'idée que je me suis formée de la cause de l'augmentation des voyageurs entre Liverpool et Manchester. Je vais essayer de la justifier. Lord Lansdown, président du conseil des ministres en Angleterre, me disait, il y a peu de temps, qu'aujourd'hui, au lieu de s'écrire des lettres de Liverpool à Manchester, les commerçants s'envoient des commis; les affaires se font ainsi plus rapidement et plus sûrement. Entre ces deux villes la poste ne donne presque plus de profit. Vous ne pouvez pas vous attendre à un résultat pareil entre Paris et Versailles, qui n'ont que des communications de pur agrément.

En résumé, je me rattacherai à tout amendement qui amènerait à n'exécuter qu'un seul des deux chemins; pour ma part, je le répète encore, il me semble qu'on adopterait une solution sur laquelle personne ne pourrait avoir de scrupules, si l'on mettait les deux chemins en adjudication le même jour, en stipulant que la préférence serait accordée à celui qui transporterait les voyageurs de Paris à Versailles au moindre prix.

(M. Legrand monte à la tribune.)

M. Arago. On m'avertit qu'il y a eu une légère inexactitude dans un point de calcul que je faisais tout à l'heure à la tribune; on remarque que je n'ai pas triplé le produit brut. Il ne me semble pas nécessaire que je fasse la rectification, car la conséquence serait la même. On remarquera, en effet, que, pour ne rien outrer, je n'ai rien défalqué du produit brut pour la contribution payée au gouvernement sur le prix des places.

## III

### SUR LA NÉCESSITÉ DE FAIRE EXÉCUTER LES CHEMINS DE FER PAR LES COMPAGNIES [1]

Messieurs, la commission des chemins de fer vient vous soumettre le résultat de l'examen que vous lui avez confié. Cet examen était hérissé de difficultés de tout genre ; il a fait surgir une foule d'importantes questions. Vous saviez bien, au reste, qu'il en serait ainsi, lorsque dans la séance même où le projet de loi vous fut présenté, vous décidiez qu'un nombre inusité de commissaires concourraient à sa discussion provisoire [2]. Une aussi éclatante dérogation aux précédents de la Chambre nous eût avertis, au besoin, de tout ce qu'il y avait de grave dans notre mission. Le zèle ne nous a pas manqué. Les procès-verbaux de seize séances, de trois, de quatre, de cinq heures chacune, témoignent du vif désir dont nous étions tous animés de répondre le mieux possible à votre honorable confiance. Notre travail, quoi qu'en aient pu dire l'amour-propre blessé et toutes les passions qu'il traîne à sa suite, est le résultat consciencieux d'un débat auquel ont constamment présidé des sentiments qui jamais ne trouveront de contradicteurs dans cette enceinte, et que nous pourrions, sans inquiétude, proclamer à la face du pays. La seule coalition dont il ait été question parmi nous, la seule que nous ayons désiré former, est celle du bon sens, de la logique, des vrais principes de l'économie

1. Rapport fait à la Chambre des députés, le 24 avril 1838.
2. Dix-huit commissaires au lieu de neuf.

industrielle, et, ce qui se rencontre plus rarement encore, de quelque esprit de prévoyance.

Avant d'arriver au projet spécial qu'il soumettait à vos délibérations, le gouvernement, dans la séance du 15 février dernier, a cru, avec raison, devoir vous présenter des vues d'ensemble. Le réseau des chemins de fer qu'il lui paraîtrait utile d'établir en France, se composerait de neuf lignes principales.

Sept de ces lignes partiraient directement de Paris, et lieraient ce grand centre de civilisation, de consommation et d'industrie :

A la frontière de Belgique;

Au Havre;

A Nantes;

A la frontière d'Espagne par Bayonne;

A Toulouse par la région centrale du pays;

A Marseille par Lyon;

Enfin, à Strasbourg par Nancy.

Deux autres grandes lignes joindraient Marseille, d'une part à Bordeaux par Toulouse, de l'autre à Bâle par Lyon et Besançon.

Retranchez de ce réseau les embranchements dont le gouvernement, du moins sur la carte, dote Dunkerque, Calais, Boulogne, Amiens, Metz, Besançon, Tarbes, Perpignan, et il restera encore un développement total de chemins de fer de 1,100 lieues environ, et l'expectative d'une dépense que M. le ministre du commerce évalue à plus d'un milliard, car il n'a osé fixer que la limite minimum.

L'administration, au surplus, a parfaitement reconnu

qu'il serait *peu prudent* (ce sont ses propres expressions) de tout entreprendre à la fois. Elle a renoncé à terminer une si grande masse de travaux dans un court délai. Parmi les 1,100 lieues de son réseau d'ensemble, elle en a choisi 375 formant le développement des lignes de Paris à la frontière belge, de Paris à Rouen, de Paris à Bordeaux, par Orléans et Tours, enfin de Marseille à Avignon. Ces quatre lignes, le ministère vous en demande l'exécution immédiate ; il désire travailler simultanément à toutes les quatre. Quoique ses prévisions, ses calculs, ne reposent que sur des avant-projets ; quoique l'une des lignes, celle de Paris à Bordeaux, *n'ait pas été complétement étudiée* (ceci est encore une citation textuelle), le gouvernement pense pouvoir affirmer que la dépense totale n'excéderait pas 350 millions.

Nous venons, Messieurs, de remettre succinctement sous vos yeux les bases, les éléments du problème que le gouvernement avait en vue. La solution qu'il en a donnée est-elle irréprochable ? Pouvons-nous vous en proposer l'adoption ?

Cette double question nous forcera de jeter d'abord un coup d'œil rapide sur l'état actuel de l'art, relativement à la construction des chemins de fer, et d'entrer dans quelques considérations techniques qui ne seront pas cependant un hors-d'œuvre, puisqu'elles feront ressortir divers inconvénients du mode de distribution de travail adopté par l'administration.

Nous étudierons, en second lieu, les chemins de fer dans leurs résultats actuels et dans ce qu'ils promettent. Les lois de finances, et, au fond, c'est une loi de finances

que nous allons discuter, doivent être établies sur des bases solides. L'enthousiasme et les jeux d'imagination ont sans doute leur bon côté; mais prenons garde qu'ils ne nous entraînent à des mesures fiscales dont auraient à souffrir les classes les plus nombreuses de la société, déjà frappées par l'impôt dans leur strict nécessaire.

La troisième division de ce rapport sera consacrée à une discussion approfondie, des objections de toute nature que M. le ministre du commerce a présentées contre la concession de longues lignes de chemins de fer à des compagnies privées. Nous y rechercherons avec le même soin, si les travaux exécutés aux frais de l'État, par ses ingénieurs et sous sa surveillance immédiate, ont toujours aussi complétement réussi que M. le ministre le pense.

La quatrième et dernière section, celle qui précédera nos conclusions, et qui, à vrai dire, suffirait pour les justifier, renfermera une sorte d'aperçu du budget de l'État en matière de travaux publics extraordinaires.

Ces divisions, ces détails minutieux ont pour objet de faciliter l'intelligence de notre travail. Nous pouvons donc espérer que la Chambre daignera nous les pardonner.

### SECTION PREMIÈRE. — Considérations techniques.

Un bon système de communications intérieures, envisagé sous le double rapport de l'économie et de la célérité est, sans aucun doute, le principal élément de la richesse et de la prospérité d'un grand peuple. Aussi a-t-on vu, dans tous les temps et dans tous les pays, les pensées des

hommes d'État et des ingénieurs, se porter sur cet objet avec la plus louable sollicitude. Trois ou quatre chiffres donneront, au surplus, une idée exacte de l'importance pratique, de l'importance commerciale des améliorations successives que les moyens de transport ont éprouvées depuis l'origine des sociétés jusqu'à l'invention toute récente des chemins de fer.

L'expérience a montré qu'un cheval de force moyenne, marchant au pas pendant neuf à dix heures sur vingt-quatre, et de manière à se retrouver chaque jour dans les mêmes conditions de force, ne peut pas porter sur son dos au delà de 100 kilogrammes. Ce même cheval, sans se fatiguer davantage, si on l'attelle à une voiture, portera ou plutôt traînera à une égale distance :

| | |
|---|---|
| Sur une bonne route ordinaire empierrée. | 1,000 kil. |
| Sur un chemin de fer. . . . . . . . . . . | 10,000 |
| Sur un canal. . . . . . . . . . . . . . . | 60,000 |

L'auteur inconnu de la substitution du roulage ou du transport en voiture, au transport à dos de cheval, fut donc, vous le voyez, Messieurs, un bienfaiteur de l'humanité : il réduisit, par son invention, le prix des transports au dixième de leur valeur primitive.

Une amélioration tout aussi importante est résultée, quant aux transports en voiture, du remplacement des empierrements et des pavés des routes ordinaires, par des bandes de fer bien dressées, sur lesquelles tournent les roues. En atténuant les résistances, ces bandes ont, en quelque sorte, décuplé la force du cheval, celle du moins qui donne un résultat utile. Le long d'un chemin

à bandes métalliques, le poids dont on charge un wagon est centuple de celui que le cheval qui le traîne pourrait porter sur son dos.

Ce sont là, Messieurs, de bien admirables résultats; mais n'oublions pas que les canaux en offrent de plus admirables encore; rappelons-nous que sur une nappe d'eau stagnante, une bête de somme traîne un poids six fois plus fort que sur un chemin de fer. Ne perdons pas de vue, au reste, que le transport à dos de cheval, s'il est peu économique, s'effectue en revanche presque partout, le long de sentiers à peine frayés, sur des pentes très-rapides; tandis qu'une route ordinaire exige de certaines conditions de tracé; tandis qu'elle représente, même en simple empierrement, 70,000 fr. de première mise de fonds par lieue, et plus de 2,000 fr. d'entretien annuel; tandis que ces mêmes dépenses, pour un canal, se montent respectivement à 500,000 fr. et à 5,000 fr.; tandis, enfin, que sur certaines lignes, l'exécution d'une lieue de chemin de fer a coûté jusqu'à trois millions.

Les chemins de fer, considérés comme moyen d'atténuer les résistances de toute nature que le roulage doit surmonter sur les routes ordinaires, seraient aujourd'hui, relativement aux canaux, dans un état d'infériorité évidente, si on avait dû toujours y opérer la traction avec des chevaux. L'emploi des premières machines locomotives à vapeur, avait laissé les choses dans le même état; mais tout à coup, en 1829, surgirent, en quelque sorte, sur le chemin de Liverpool à Manchester, des locomotives toutes nouvelles. Jusqu'en 1813, on n'avait espéré pouvoir marcher sur les rails en fer ou en fonte, qu'avec des

roues dentées et des crémaillères, ou bien à l'aide de systèmes articulés dont on donnerait une idée assez exacte en les comparant aux jambes inclinées d'un homme qui tire en reculant. Les locomotives perfectionnées étaient débarrassées de cet attirail incommode, fragile, dangereux. L'engrenage naturel résultant de la pénétration fortuite et sans cesse renouvelée, des aspérités imperceptible des jantes de la roue, dans les cavités du métal du rail et réciproquement, suffisait à tout. Cette grande simplification permit d'arriver à des vitesses inespérées, à des vitesses trois, quatre fois supérieures à celles du cheval le plus rapide. De cette époque date une ère nouvelle pour les chemins de fer. D'abord, ils n'étaient destinés qu'aux transports des marchandises; chaque jour, chaque nouvelle expérience nous rapproche du moment peu éloigné peut-être où ils ne seront plus parcourus, au contraire, que par des voyageurs. Jadis les rails étaient tout; maintenant, ils n'occupent dans le système qu'une place secondaire. Dès aujourd'hui, les chemins de fer devraient s'appeler des chemins à locomotives, ou bien des chemins à vapeur.

Quand on a lu dans les journaux, dans ceux surtout de l'Angleterre et de l'Amérique, le tableau des étonnantes vitesses que les locomotives à vapeur ont déjà réalisées, on est vraiment excusable de croire qu'il ne faut plus compter sur des amélorations importantes, que l'art est presque arrivé à sa perfection.

Cette opinion, quelque naturelle qu'elle paraisse, n'en est pas moins une erreur. L'art des chemins de fer est encore dans l'enfance. Ne faites pas, si vous voulez, la

part de l'imprévu, de l'inattendu, et d'ordinaire c'est cependant la part du lion; contentez-vous de porter votre attention sur ce qui se fait, sur ce qui existe, et vous trouverez presque partout routine, tâtonnements, incertitude.

Les premières locomotives pour voyageurs ne pesaient que 5 tonnes. Bientôt on les porta graduellement à 7, à 8, à 10, à 12 tonnes. En ce moment, on en construit de 18 tonnes, qui reposeront sur six roues.

A l'origine, les paires de roues adhérentes ne portaient que 5 tonnes. Dans de nouvelles machines, elles seront chargées de 8 tonnes. Les rails devront donc être renforcés, quoi qu'ils aient déjà parcouru successivement cette série de poids: 12, 16, 18, 23, 34 et 37 kilogrammes par mètre courant. Qu'on ne s'y trompe pas, un semblable remplacement des rails entraîne presque toujours le sacrifice des blocs, des coussinets, des clefs qui servent à les fixer.

La largeur de la voie était originairement, d'axe en axe, de $1^m.47$. Cette largeur a paru trop restreinte. Sur le grand chemin de Londres à Bristol, l'ingénieur, M. Brunel fils, vient d'adopter une voie de $2^m.13$.

Le but qu'on s'est proposé en élargissant aussi considérablement la voie, est de faciliter l'emploi de machines de plus fortes dimensions. Avec une voie de $2^m.13$, il y aura place entre les roues pour des chaudières plus vastes; on engendrera plus de vapeur dans un temps donné; on aura plus de force et aussi plus de vitesse, si toutefois des difficultés imprévues ne viennent pas à se manifester.

L'élargissement de la voie permettra d'agrandir le dia-

mètre des roues adhérentes des locomotives. Ces roues, chez nos voisins, ont été successivement de 1m.47, de 1m.52, de 1m.68, et de 1m.83. Cette dernière dimension n'avait jamais été dépassée. Sur le chemin de Londres à Bristol on verra fonctionner des roues de 2m.44. Avec de telles roues, s'il n'y a point de mécompte, on arrivera aux plus grandes vitesses sans être obligé d'accroître encore la rapidité déjà excessive des oscillations du piston, et, ce qui n'est point à dédaigner financièrement parlant, après avoir évité la principale cause de détérioration des locomotives. Si l'on pouvait se permettre ici une assimilation quelque peu vulgaire, nous dirions qu'aujourd'hui la vitesse de locomotion résulte de la succession extrêmement rapide de petits pas, et qu'on arrivera aux mêmes résultats, avec des roues de 2m.44, en faisant de grandes enjambées.

Les changements dans les roues des locomotives en amèneront d'analogues dans les roues des wagons. Il y a donc à prévoir des remplacements complets de matériel sur les chemins de fer, et, ce qui est plus grave encore, des élargissements de viaducs, des reconstructions entières des souterrains ou tunnels, etc., etc.

L'usage de plus fortes machines permettra certainement de sortir des limites de pente dans lesquelles on renferme aujourd'hui le tracé des chemins de fer, alors même que l'emploi de quelqu'une des crémaillères que les ingénieurs ont proposées ne viendrait pas arracher l'art à une sujétion qui déshérite les pays montueux ou même seulement un peu accidentés, du nouveau moyen de communication.

Une route rectiligne, avec les voitures actuellement en usage, a des avantages incontestables sur une route sensiblement courbe; mais ces avantages, on les achète quelquefois à des prix énormes. Une excellente solution de la difficulté vient d'être donnée par un humble ingénieur français, M. Laignel. Des solutions d'une autre espèce sont actuellement à l'étude. Si elles réussissent, les chemins de fer subiront dans leur tracé les plus importantes améliorations. Ils pourront pénétrer au cœur dés villes sans tout renverser devant eux.

Le placement des rails lui-même a donné lieu à autant de systèmes différents qu'il y a de constructeurs. Ici on emploie de faibles dés en pierre qui n'ont entre eux aucune liaison; là, on se sert de simples traversines en bois, et l'on cite leur élasticité comme un avantage précieux. Allez plus loin, et vous rencontrerez un ingénieur également habile qui remplace, toujours d'après d'excellentes raisons, le bois par le granit.

L'analyse mathématique va-t-elle prochainement, du moins, s'emparer de ces intéressants problèmes? Les premiers éléments numériques lui manquent. Naguère la force nécessaire au tirage d'une voiture sur les rails, était évaluée à $3^k.5$ par tonne de 1,000 kilogrammes, et voilà que maintenant on paraît vouloir la réduire à $3^k.1$.

Que dire de la machine à vapeur, partie capitale des locomotives? La force aérienne irrésistible qu'elle élabore se répand et circule dans les organes du système, tantôt par petites portions et tantôt à flots pressés, au gré de l'ingénieur. De là ces mouvements si lents, ou si rapides; de là ces variations de vitesse ou graduelles ou presque

instantanées qui feraient croire, en vérité, qu'on assiste aux évolutions capricieuses d'un être doué de vie et de volonté. Tout cela est à merveille, Messieurs; mais perçons l'enveloppe, et nous trouverons un appareil qui se dérange sans cesse, qui sans cesse est en réparation, qui est pour les compagnies une cause de ruine. Voyons ce que le combustible consommé renfermait de force motrice; mesurons d'autre part, la force que la locomotive a mise en action, et de nouvelles imperfections frapperont nos yeux, comme elles ont déjà frappé ceux de tous les ingénieurs. Le mal est-il irréparable? Gardons-nous de le croire. Quand on se rappelle la révolution capitale que notre compatriote, M. Séguin aîné, produisit dans l'art de la locomotion, le jour où s'emparant des chaudières tubulaires de ses devanciers, il imagina de placer l'eau dans la capacité où se jouait la flamme, et de lancer cette flamme, au contraire, dans les tubes destinés d'abord à renfermer l'eau; quand on songe à tout ce qu'on a gagné sous le rapport du tirage, à faire dégager par la cheminée de la locomotive, la vapeur qui, après avoir agi dans le corps de pompe, semblait ne pouvoir pas rendre de nouveaux services et se répandait jadis librement dans l'air, on a toute raison d'espérer de nouvelles découvertes et de compter sur leur simplicité.

Doit-on conclure de ces doutes, de ces incertitudes, de ces espérances, qu'il faudrait aujourd'hui s'abstenir tout à fait de construire des chemins de fer? Non, Messieurs, mille fois non; telle n'est pas notre pensée. Les chemins de fer d'aujourd'hui ont, quant à la vitesse, et pour le transport des voyageurs, des avantages incontes-

tables sur les autres moyens de communication connus; construisons donc des chemins de fer.

Nous dirons seulement qu'on serait inexcusable si, et sans aucun avantage actuel, on adoptait un mode de distribution du travail qui enlèverait la possibilité de faire usage des perfectionnements dont tout le monde sent le besoin, que les esprits éclairés entrevoient, que les praticiens sont près de saisir, et qui ne tarderont pas à se faire jour, car le génie de l'homme n'a jamais manqué à aucun besoin social.

Le gouvernement vous demande de faire travailler simultanément à quatre lignes. Pour fixer les idées, supposons qu'elles soient de même longueur et que leur exécution doive durer douze ans. Les têtes de chacune de ces quatre lignes seront exécutées d'après les idées, d'après les systèmes adoptés aujourd'hui.

Pendant la seconde, pendant la troisième,... pendant la douzième année, lié par les premiers travaux, le constructeur se trouvera dans l'impossibilité de profiter des progrès que l'art aura faits indubitablement dans un si long espace de temps; les quatre routes achevées en 1850 auront toutes les imperfections de celles de 1838.

Admettons un autre ordre de travail, et les inconvénients de celui que nous venons de discuter deviendront plus manifestes encore.

Portons toutes nos ressources, tous nos moyens d'exécution sur l'une des quatre lignes. Trois ans suffiront à son achèvement complet. Quand on la livrera au public, en 1841, elle sera, comme les quatre lignes du précédent système, le type de l'art des ingénieurs en 1838;

de ce côté, rien de gagné. Mais qui ne voit qu'en commençant la seconde ligne, on pourra profiter de toutes les innovations que la théorie et l'expérience réunies auront fait éclore dans la première période de trois années; que six années de recherches et de pratique, concourront à l'amélioration de la troisième ligne; que la quatrième, enfin, arrivée à son terme en 1850, ne sera en arrière sur l'état de l'art à cette époque, que de trois ans, durée de son exécution?

De ces simples considérations, résulte déjà avec une entière évidence, l'impossibilité d'adopter le projet de loi tel qu'il vous est soumis. Il eût été dès lors superflu de chercher à découvrir l'origine, nous dirons presque la raison suffisante, d'un système qui, au premier aspect, soulevait d'aussi insurmontables objections. En tout cas, et quoi qu'on en ait pu dire, nous n'eussions jamais fait à nos honorables collègues l'injure de supposer que personne ait pu douter de leur parfaite indépendance. Le ministère s'est trompé, nous le croyons du moins, en proposant l'exécution simultanée et lente, de trop de lignes à la fois; mais ces nombreux traits rouges, figurant des chemins de fer qui, sur la carte qu'on nous a distribuée, se dirigeaient vers toutes les régions du royaume, n'étaient pas un appel à l'esprit de localité; nous rejetons bien loin la pensée que la réunion dans un seul et même projet de loi, d'un chemin du nord, d'un chemin de l'ouest, d'un chemin du centre et d'un chemin de la partie la plus méridionale du royaume, doive être envisagée comme un moyen de séduction; qu'on ait espéré nous arracher, à l'aide de concessions récipro-

ques, un vote favorable qui n'eût point été dicté par nos consciences, que n'eussent pas réclamé les intérêts bien entendus du pays.

SECTION DEUXIÈME. — Sur les résultats à attendre des chemins de fer.

Les chemins de fer, quand on les combine avec les machines locomotives, constituent certainement une des plus ingénieuses découvertes de notre époque. Là se trouvent réunis à un degré vraiment inespéré, la force et tous les moyens de vitesse. Les résultats, sous ce double rapport, ont été déjà si étonnants, que l'on pouvait naguère, devant la première société savante de la capitale, sans trop encourir le reproche d'exagération, parler de l'époque où « les riches oisifs dont Paris fourmille, partiront le matin de bonne heure pour aller voir appareiller notre escadre à Toulon, déjeuneront à Marseille, visiteront les établissements thermaux des Pyrénées, dîneront à Bordeaux, et, avant que les vingt-quatre heures soient révolues, reviendront à Paris pour ne pas manquer le bal de l'Opéra. »

Tout compte fait, Messieurs, l'imagination, cette folle du logis, comme l'appelait Malebranche, avait à revendiquer une bonne part dans ces projets de voyage; l'expérience, en effet, a brutalement jeté au travers de ces séduisantes spéculations, une foule d'éléments que les théoriciens avaient négligés : elle a parlé d'inertie, de ténacité des métaux, de résistance de l'air, etc. Il a bien fallu alors resserrer quelque peu le cercle qu'on croyait avoir conquis. Les vitesses seront grandes,

très-grandes, mais pas autant qu'on l'avait espéré.

Il y aurait, Messieurs, un travail très-intéressant à faire, que nous recommanderons, en passant, au zèle et à la sagacité de nos jeunes historiens moralistes. Ce serait le tableau des mille et mille circonstances capitales dans lesquelles les hommes les plus éclairés, les assemblées délibérantes, la masse du public, se sont laissé gouverner par des mots sans portée, nous dirons même par des mots entièrement vides de sens. Plusieurs de nos honorables collègues et moi nous avons été au moment de subir une influence de cette nature. Les mots si souvent répétés par M. le ministre du commerce, de *transit*, de *lignes politiques*, de *lignes stratégiques*, n'avaient pas inutilement frappé nos yeux et nos oreilles. Faut-il l'avouer, nous étions déjà quelque peu enclins à les regarder comme les vrais symboles de l'avenir industriel, commercial et militaire de la France. Toutefois, ramenés bientôt à un examen sévère des choses, à leur appréciation exacte, il nous a été bien facile de reconnaître que nous avions trop légèrement cédé à un premier aperçu.

Lisons l'exposé des motifs du projet de loi, et nous trouverons : « C'est surtout en vue du transit qu'ils sont destinés à créer au travers de la France, que les chemins de fer doivent attirer toute notre sollicitude. » A la page suivante, ce transit, que les chemins de fer ne peuvent manquer de créer, est caractérisé nettement; il se composera : « De la plus grande partie des marchandises qui passeront du midi dans le nord de l'Europe et réciproquement. » Plus loin, le transit se représente avec de

nouveaux développements. Il s'empare alors de tout ce qui doit se transporter « de l'Océan et de la Méditerranée, sur les provinces de l'Allemagne, sur la Suisse et l'Italie. »

Il a bien longtemps, Messieurs, que le transit est en possession d'exercer parmi nous une puissance dont la légitimité n'a jamais été démontrée. Vous rappelez-vous, par exemple, sous combien de formes il nous apparut quand on discuta la question des deux entrepôts de Paris? Depuis, on n'en a plus entendu parler, par l'excellente raison que la quantité de marchandises qui transite au travers de ces deux grands établissements est vraiment imperceptible. Évitons, s'il se peut, de pareils mécomptes. Le vrai moyen pour cela est d'aller nous saisir des chiffres relatifs au transit, dans les registres, dans les statistiques de la douane.

En 1836, le poids total des marchandises expédiées en transit, à travers la France, a été de 34,025,000 kilogr.

Le parcours moyen de ces marchandises s'est élevé à 103 lieues.

Par le roulage ordinaire, le prix du transport par lieue et par tonne de 1,000 kilogrammes, est de...... 0f.80

Le montant total des frais de transit, dans toute l'étendue de notre territoire, a donc été, en nombre rond, de......................... 2,803,000 fr.

Si tous les chemins de fer étaient exécutés, si tout le transit s'effectuait par rails et locomotives, les 2 millions 803,000 fr., dont nous venons de parler, se réduiraient, d'après le tarif de......................... 0f.30 par tonne et par lieue, à............. 1,051,000 fr.

Ce serait par an une diminution de... 1,752,000 fr. Le pays perdrait donc environ les deux tiers de la dépense totale qu'occasionne aujourd'hui le mode de transport par rouliers. Ce serait près de deux millions de francs que le commerce de nos voisins laisserait de moins sur les routes de France que parcouraient ses marchandises manufacturées ou à l'état de matières premières. Ce serait deux millions de capitaux étrangers qui se trouveraient enlevés annuellement aux commissionnaires, aux rouliers, aux aubergistes, aux marchands de chevaux, aux charrons, etc.

Sans doute, plus de célérité, de régularité, d'économie dans le service des routes, augmenterait la masse des transports. Eh bien, qu'on triple cette masse, et alors nous serons seulement revenus à l'état présent des choses, quant aux bénéfices que la France retire du passage qu'elle donne, sur son territoire, aux marchandises étrangères ; qu'on décuple, si l'on veut, le transit actuel, et nous ne trouverons encore, au profit de notre pays, qu'une augmentation de 7,700,000 fr.

Ces chiffres dissiperont bien des illusions. Qu'on le remarque, cependant, nous n'avons entendu y traiter, à la suite de l'exposé des motifs du projet de loi, que la question du transit des marchandises appartenant à des étrangers à leur arrivée dans nos ports. Celle du transit des voyageurs, celle du transit des marchandises expédiées par notre commerce, ont une tout autre importance. Nous sentons très-bien ce que l'humanité, ce que la civilisation peuvent attendre de moyens de transport commodes, économiques, rapides, qui rapprocheront, qui uniront les

peuples, ou devant lesquels, du moins, s'affaibliront les haines nationales, les préjugés qui, durant tant de siècles, ont été si cruellement exploités. Nous savons très-bien aussi que là où vont les hommes vont les affaires, et que dès lors le commerce a tout intérêt à voir affluer sur notre territoire un très-grand nombre de voyageurs. Nous n'ignorons pas davantage combien les mille canaux de la Hollande contribuèrent jadis à faire des négociants de de ce pays les facteurs du commerce du monde, et notre plus vif désir serait que nos concitoyens du Havre, de Nantes, de Bordeaux, etc., etc., trouvassent de semblables moyens de fortune dans les nouvellss communications projetées; enfin, Messieurs, c'est parce que ces diverses considérations se sont offertes à nos esprits de bonne heure, c'est parce que nous les avons sérieusement méditées, que nous sommes partisans des chemins de fer. La discussion numérique dans laquelle nous avons cru devoir entrer, relativement au transit, avait pour unique but de débarrasser le terrain d'un élément étranger, ou qui du moins n'y doit jouer qu'un rôle secondaire.

Nous regrettons beaucoup que la question stratégique ne soit pas susceptible, comme celle du transit des marchandises, d'être réduite à des chiffres. Des chiffres, dans leur inflexible raideur, lui feraient certainement perdre une grande partie de l'importance qu'on s'est complu à lui donner.

Personne ne doute que dans des cas rares, exceptionnels, le transport très-rapide de quelques milliers de soldats d'un point du territoire à un autre point, des régions centrales vers la circonférence, ne puisse être

très-utile. Mais cela n'autorise nullement à supposer que les chemins de fer deviendront un moyen efficace d'improviser sur nos frontières, avec les troupes de l'intérieur, des armées destinées à repousser une attaque imprévue, ou à faire une irruption subite dans les contrées ennemies. L'opinion que nous énonçons ici n'est pas de celles qui peuvent être établies ou renversées d'après de simples aperçus. Pour la juger sainement, il est indispensable de descendre jusqu'aux détails. Qu'on suppose, par exemple, que Strasbourg soit le point de réunion d'une armée de 50,000 hommes, à la formation de laquelle devront concourir, suivant les proportions voulues, des troupes d'infanterie, de cavalerie, d'artillerie, du génie, disséminées dans les garnisons ordinaires. Supposez toutes les grandes lignes de chemin de fer exécutées; pourvoyez-les des locomotives, des wagons, des plates-formes nécessaires au service habituel, et nous nous trompons fort si, avec tout cela, vous gagnez plus de trois à quatre jours sur l'époque où l'armée, complétement organisée et suffisamment approvisionnée, pourra entrer en campagne. Les chemins de fer, dans un certain rayon à partir des frontières, ne serviront d'ailleurs qu'au début d'une guerre. Le conflit à peine commencé, l'ennemi les fera détruire sur divers points par des affidés, par des partisans. Si la chose lui paraît en valoir la peine, il chargera même de l'opération quelques escadrons de cavalerie légère. Et qu'on ne nie pas la possibilité de former de pareils détachements en pays ennemi et sur les derrières d'une grande armée, car nous rappellerions qu'en 1708, une poignée de cavaliers hollan-

dais partit de Courtrai, s'avança jusqu'au pont de Sèvres (sous Meudon), où elle s'empara de M. de Beringhen, premier écuyer de Louis XIV, croyant se saisir du dauphin, père du duc de Bourgogne. Si la citation paraissait trop ancienne, nous dirions qu'en 1814, pendant que le général Maison occupait encore la Belgique, un petit corps ennemi de cavalerie légère vint dans le département de la Somme piller Doulens. L'armée fera certainement un usage utile des chemins de fer, car elle profite sans cesse, avec la généralité du public, des progrès des arts et de l'industrie; mais, de là à de prétendues réductions de moitié ou des deux tiers dans l'effectif actuel de nos troupes, il y a une distance infinie, sur laquelle nous ne pouvions nous taire.

Militairement parlant, un des avantages les plus immédiats et les plus prochains des chemins de fer, sera une diminution considérable dans les frais qu'occasionnent les changements de garnison. Il en résultera aussi qu'une partie de la population pourra être affranchie de la rude servitude des logements militaires. Nous verrons cependant à l'user, si nos généraux ne décideront pas, en définitive, que les transports en wagons auraient pour résultat d'efféminer les troupes et de leur faire perdre cette faculté des grandes marches qui a joué un rôle si important dans les triomphes de nos armées.

Nous avons déjà dit quelques mots de l'influence que les chemins de fer nous paraissent devoir exercer sur les progrès de la civilisation. Nous nous associons de grand cœur aux espérances qu'on a manifestées à cet égard, fussent-elles quelque peu exagérées. En dehors de ces

idées, nous ne comprendrions pas la signification du mot *politique* appliqué aux voies en fer. Nous comprendrions encore moins comment certaines routes auraient le privilége d'être politiques à l'exclusion de toutes les autres. Des hommes graves qui, dans leurs écrits, n'étaient pas tenus à la réserve que cette tribune commande, ont imprimé que ces démonstrations n'auraient qu'un effet : « celui d'embrouiller la question. »

### Section troisième. — Du rôle de l'État et des compagnies dans la construction des chemins de fer.

Vous l'aurez remarqué, Messieurs, le premier vote de la commission, celui dont nous avons déjà rendu compte et qui reposait sur des considérations techniques, ne touchait qu'à la répartition de travail proposée par le gouvernement. La question de savoir si l'exécution des grandes lignes de chemin de fer serait exclusivement réservée à l'État ou abandonnée à des compagnies, restait encore intacte. C'était là, il faut se hâter de le dire, le point culminant, le point délicat de la tâche qui nous était confiée. Après une étude approfondie de toutes les faces du problème; après avoir scrupuleusement balancé les avantages et les inconvénients des deux systèmes en présence, la commission a éprouvé de nouveau, à une forte majorité, le regret de ne pouvoir s'associer à la proposition ministérielle.

Essayons de formuler notre opinion dans des termes qui ne puissent prêter à aucune équivoque.

Suivant nous, Messieurs, il faut abandonner l'exécution des chemins de fer, grands ou petits, à l'esprit d'associa-

tion, partout où il a produit des compagnies sérieuses, fortement et moralement constituées; l'action gouverne mentale immédiate doit s'exercer dans les seules directions où, l'intérêt national des travaux étant bien constaté, il n'y a cependant pas de soumissionnaires, soit à cause de l'incertitude des produits, soit même, car nous allons jusque-là, à raison de leur insuffisance reconnue. Jamais une commission honorée de votre confiance n'a pu avoir l'inqualifiable pensée de subordonner judaïquement au bon vouloir ou au caprice des compagnies de capitalistes, l'exécution de travaux dont le bien-être et la sûreté du pays pourraient dépendre. Autant sur ce point nos convictions sont arrêtées et profondes, autant, d'un autre côté, il nous semble nécessaire de mettre des bornes à l'esprit de monopole qui domine trop évidemment l'administration française.

Examinons, au surplus, avec le soin qu'une aussi importante question commande, si, comme le ministère le pense, il est indispensable de confier à l'État, non-seulement l'exécution des longues lignes de chemins de fer, mais encore celle de toutes les grandes communications par terre et par eau « qui ont pour objet de rattacher entre elles les extrémités du royaume ».

Autant que faire se pourra, nous citerons textuellement l'exposé des motifs :

« Dans un grand territoire, comme celui de la France, il faut, vous a dit M. le ministre du commerce, que les grandes distances puissent être parcourues à bon marché, sous peine de rester infranchissables, sous peine d'isoler les unes des autres les diverses régions dont le royaume

se compose... Sur les lignes secondaires et les lignes d'embranchement... un tarif, même un peu élevé, peut être facilement payé pour une faible distance... Il faut qu'à toute époque les tarifs puissent être modifiés... Comment serait-il possible de nous mettre d'accord avec la Belgique, sur la fixation mobile des tarifs, si, comme elle, nous ne conservions pas la libre possession et la souveraine administration de nos grandes voies de fer?... La libre disposition des tarifs, la faculté de les modifier suivant les cas, suivant les circonstances... est le principal motif qui puisse déterminer à demander au Trésor les fonds nécessaires à l'exécution de ces immenses travaux. »

Un second ordre de considérations s'est présenté à M. le ministre du commerce; « il ne trouverait pas prudent d'abandonner à l'intérêt privé (quand il s'agit des grandes lignes), des moyens de communication qui doivent devenir quelque jour des lignes essentiellement politiques et militaires, et qu'on peut justement assimiler, dit-il, à des rênes de gouvernement. »

Le gouvernement, au surplus, ne croit pas que l'industrie privée puisse fabriquer ces rênes. « Les exemples sont là, s'écrie-t-on, pour prouver que du moment qu'une entreprise excède une somme donnée, les capitaux sérieux lui manquent; de grandes entreprises ont été confiées depuis quelques années aux efforts de la spéculation et ne sont pas même commencées aujourd'hui. » Souvent, ajoute l'exposé des motifs, « on engage l'affaire, on crée, on émet, on jette dans le public des actions; » viennent ensuite « des bouleversements de fortune, des malheurs privés sans nombre... Le gouvernement ne saurait se déci-

der à offrir à l'agiotage, à cette plaie de notre époque, des éléments nouveaux qui lui donneraient la plus déplorable activité et la plus effrayante extension. »

Quant à ceux qui pourraient penser que l'État est impuissant pour se lancer dans d'aussi colossales entreprises, M. le ministre leur recommande « de jeter un regard sur la France et de voir si tous les grands travaux, si tous ceux qui exigeaient de grands efforts, de grands capitaux, n'ont pas été exécutés par l'administration publique. »

La question, si délicate, de l'exploitation des chemins de fer, ne pouvait être oubliée par M. le ministre du commerce ; ajoutons de suite qu'il ne la tranche pas.

On voit bien que le gouvernement serait fort disposé à exploiter par lui-même, mais il n'ose pas l'annoncer positivement. Le mode provisoire d'exploitation des sections successives d'une grande ligne serait réglé par ordonnance royale. Quant à la ligne tout entière, on ferait des essais, des tâtonnements, avant d'adopter un parti définitif; une loi spéciale le sanctionnerait.

Vous le voyez, Messieurs, les arguments que le gouvernement produit à l'appui du projet de loi, ne sont pas moins remarquables par leur variété que par leur nombre. Tour à tour il invoque des considérations stratégiques, politiques, commerciales, économiques, industrielles, techniques. Chacune d'elles, prise isolément, lui paraît décisive; réunies, ne doivent-elles pas entraîner un assentiment général ?

Une seule remarque, Messieurs, et le système développé avec tant de soin dans l'exposé des motifs de M. le ministre du commerce, perdra une notable partie de son

importance. Le chemin de fer de Paris en Belgique, dont l'exécution par des compagnies mettrait en danger l'avenir commercial de la France, nos relations avec des pays voisins, notre puissance militaire, peut-être notre tranquillité intérieure; ce chemin que l'État seul pourrait, dit-on, exécuter; ce même chemin de fer, de Paris en Belgique, le gouvernement, disons mieux, le ministre actuel, l'avait concédé l'an dernier à une compagnie. Les nombreuses, les insurmontables difficultés qu'on nous signale aujourd'hui, n'étaient cependant ni moins insurmontables ni moins nombreuses il y a douze mois. Peut-être prétendra-t-on que le ministère les a découvertes tout récemment, que l'an dernier, il ne les avait point encore aperçues. Il ne nous appartient, en ce moment, ni d'admettre ni de rejeter l'explication.

Nous livrons ces remarques à l'appréciation de la Chambre. Maintenant, sans rechercher davantage comment ce qui vous était proposé, l'an dernier, est devenu tout à coup inadmissible, impraticable; comment un mode d'exécution des chemins de fer, dûment délibéré en conseil des ministres, et soumis à votre approbation, il y a peu de mois, serait aujourd'hui pour le pays une source d'embarras, de malheurs, de calamités, nous allons examiner en elles-mêmes les considérations diverses d'après lesquelles on espère obtenir votre assentiment.

Le gouvernement, vous dit-on, doit rester maître des tarifs sur les chemins de fer; il doit pouvoir les modifier à son gré, d'après les besoins de l'intérieur, ou d'après ceux de nos relations avec l'étranger. C'est à merveille, Messieurs; mais comme le mot *impossible* est français,

quoi que jadis on en ait pu dire, à peine le grand principe est-il proclamé, qu'il faut reculer devant son application absolue, devant l'immensité de la tâche.

Que fait-on alors? On sacrifie les embranchements; on soutient que le bas prix des transports n'a d'importance que sur les grandes lignes; là, le gouvernement veillera scrupuleusement aux intérêts des voyageurs et du commerce; sur les lignes secondaires, le commerce et les voyageurs seront livrés à la merci des compagnies!

Avant d'aller plus loin, demandons-nous à quel signe certain l'embranchement sera distingué de la ligne principale? Dans bien des cas, nous osons l'affirmer, un botaniste ne serait pas plus embarrassé s'il devait désigner, parmi tant de vigoureux rameaux qu'un chêne séculaire étale dans tous les sens, celui qu'il faut considérer comme le prolongement de la souche!

Supposons le réseau du nord complétement exécuté, tel que le gouvernement le propose, et transportons-nous par la pensée à Amiens. Le chemin s'y bifurque; une des branches se dirige sur Lille; la seconde va à Boulogne; elles parcourent l'une et l'autre des distances à peu près pareilles; mais la première ayant eu l'heureuse chance d'être qualifiée de ligne principale, jouira, aux frais de l'État, de tarifs très-bas; sur la seconde, au contraire, qui avec des droits égaux à la même faveur se trouvera, par hasard, reléguée dans l'ordre des embranchements, le tarif y sera beaucoup plus élevé, puisqu'il aura fallu le calculer sur la dépense réelle d'exécution et d'entretien. Eh bien, nous le demandons, personne pourra-t-il s'expliquer une semblable différence. quand elle sera du fait du

gouvernement? A quel titre nos communications avec la Belgique seraient-elles plus favorisées que nos communications avec l'Angleterre? Et s'il arrivait, comme on peut le prévoir, que le bas tarif artificiel de la ligne du Nord, exécutée par l'État, jetât sur cette ligne la grande masse des voyageurs anglais; s'il arrivait qu'à la suite des travaux et des arrangements projetés, la route la plus économique de Londres à Paris, vînt à être celle d'Ostende, Gand et Lille; si même, la diminution de tarif sur la distance de la frontière du Nord à Amiens, ne faisait que favoriser la tendance que montrent déjà tant d'Anglais à venir en France par la Belgique, et cela au grand détriment de Dunkerque, de Calais, de Boulogne, trouverait-on dans notre langue des expressions assez sévères pour caractériser l'imprévoyance de l'administration dont les mesures, mal calculées, auraient amené de pareils déplacements d'intérêts, et pour stigmatiser l'inattention de la Chambre qui les aurait sanctionnées? Le partage récent de la France en zones plus ou moins favorisées quant à l'importation des charbons, a-t-il donc amené assez peu d'embarras et de réclamations, pour qu'on doive se hâter de soulever des débats, des froissements, des irritations toutes pareilles à propos de chemins de fer?

La complète disposition des tarifs, la faculté de les changer à chaque instant, que le gouvernement réclame avec tant de vivacité, ne lui seraient pas plus tôt accordées, que la force des choses l'obligerait à y renoncer. Personne n'a cru sérieusement que l'État pût se charger lui-même de l'exploitation si compliquée, si minutieuse, d'une longue ligne de chemins de fer. Les chemins une

fois construits, il faudrait inévitablement les affermer; mais qui ne voit que le tarif serait la clause principale du contrat? On ne traiterait, dit-on, que pour un certain nombre d'années. Voilà déjà une concession bien large, si on la rapproche des espérances qu'on avait d'abord embrassées. L'exploitation ne serait jamais concédée que pour un terme assez court! Et qui peut assurer que pour un terme assez court on trouverait jamais une compagnie qui consentît à faire exécuter à ses frais le matériel immense qu'exigerait l'exploitation de la ligne de Paris à Marseille, ou même seulement l'exploitation de la ligne de Paris à Strasbourg? Vous le voyez, quand on ne reste pas dans la réalité des choses, les contradictions, les obstacles surgissent à chaque pas.

L'exposé des motifs prévoit le cas où il faudrait se mettre d'accord avec la Belgique relativement au tarif des chemins de fer, et c'est pour être toujours en mesure de négocier, que le gouvernement désire rester maître absolu de la ligne du Nord.

La fixation des tarifs en ce qui concerne le territoire de la France est, ce nous semble, une affaire d'administration intérieure dans laquelle les puissances voisines ne doivent jamais avoir à s'immiscer. Nous ne croyons pas, en effet, que le gouvernement belge ait eu même la pensée de nous consulter quand il a réglé ses prix pour les chemins de Bruxelles à Anvers, à Gand ou à Liége. En tout cas, si nous sommes dans l'erreur, si la fixation réciproque des tarifs entre deux pays voisins a toute l'importance que M. le ministre du commerce lui attribue aujourd'hui, hâtons-nous de déchirer le traité qu'il nous

présenta naguère en faveur de M. Kœchlin, et que nous avons adopté. Par une de ses extrémités, le chemin d'Alsace se termine en Suisse; par l'autre, il peut être prolongé jusqu'à la Bavière rhénane. La Bavière rhénane et la Suisse, car on y projette des chemins de fer, voudront tôt ou tard être traitées comme la Belgique.

Une difficulté plus spécieuse contre le libre arbitre des compagnies en matière de tarif, a été fournie au gouvernement par l'obstination de certains propriétaires de canaux, qui, au détriment de la fortune publique et de la leur, refusent d'abaisser les droits de péage que l'autorité leur concéda jadis. Il semble, en effet, naturel de supposer que des compagnies de chemins de fer pourront, dans l'avenir, susciter au public et au gouvernement des embarras du même genre. Sans parler, pour le moment, d'une double disposition du cahier des charges, à l'aide de laquelle la difficulté perdrait toute sa gravité, nous dirons qu'elle repose sur une assimilation dont la parfaite exactitude est susceptible de contestation.

Ordinairement les propriétaires ou les concessionnaires d'un canal perçoivent seulement un droit de péage sur leur route d'eau : les barques, les moyens de traction, de locomotion ne leur appartiennent pas. A part quelques frais d'entretien généralement peu considérables, ces propriétaires, ces concessionnaires ne sont grevés d'aucune dépense journalière. Un *manque à gagner* est tout ce qui les menace, lorsque peu au fait des vrais principes de l'économie industrielle, ils ne comprennent pas qu'une diminution de droit est souvent la source d'une augmentation de produit.

L'administration d'un chemin de fer est dans une tout autre position ; rien ne passe, personne ne voyage que sur ses plates-formes, ses wagons, ses voitures, et à l'aide de ses moyens de traction ; les frais d'entretien, nous ne dirons pas seulement des rails, mais aussi de tous les véhicules et des locomotives, les frais de combustible, se trouvent complétement à la charge des exploitants. Ces frais sont énormes, même quand tout marche à vide. La compagnie qui ne s'emparerait pas, à l'aide de tarifs modérés, d'une grande quantité de voyageurs, serait bientôt ruinée. Il n'est donc pas à craindre que les compagnies de chemin de fer amènent jamais à cette tribune les plaintes dont elle a retenti naguère contre certains propriétaires de canaux.

Nous avons examiné toutes les difficultés relatives aux tarifs, en elles-mêmes et comme si nous supposions que l'administration restera, à cet égard, complétement désarmée vis-à-vis des compagnies. Telle n'est pas, cependant, telle n'a pas pu être l'opinion de la commission. Elle croit, au contraire, que le droit de révision des tarifs devrait être formulé catégoriquement dans tous les cahiers des charges. En outre, les conditions de rachat de chaque chemin de fer par l'État, formeraient l'objet d'une stipulation spéciale. On simplifierait ainsi les formes de l'expropriation, sans limiter, sans affaiblir, bien entendu, le droit qui résulte de la loi générale, toutes les fois que l'utilité publique a parlé.

Nous ne pouvions pas nous dispenser d'accorder de grands développements à la question des tarifs, puisque le ministère vous avait déclaré qu'elle serait la pierre

angulaire de l'édifice qu'il vous proposait d'élever. Nous croyons, toutefois, qu'on s'est trompé en donnant le premier rang à cet ordre de considérations. Supposons, en effet, un moment, qu'il soit prouvé, et telle est, vous le le savez, l'opinion du ministère, qu'aucune compagnie en France n'aurait aujourd'hui la force d'organisation et les capitaux nécessaires pour exécuter une seule des grandes lignes de chemins de fer. Ne serait-il pas alors puéril de prolonger le débat? Un négociant ne s'occupe des détails d'armement, de distribution, d'arrimage, que le jour où il est certain d'avoir un navire. Les navires auxquels la commission désirerait confier la destinée des chemins de fer, existent-ils? Ont-ils de la force, de l'avenir? Sont-ils constitués de manière à résister à quelques orages?

De très-bons esprits ont longtemps douté que l'industrie privée pût trouver en France les capitaux nécessaires à l'exécution des grandes lignes de chemins de fer. Ce n'est pas que ces capitaux n'existassent, car une compagnie, composée de banquiers riches et justement considérés, offrait, il y a deux ans, de se charger de cette immense entreprise, sous la seule garantie d'un minimum d'intérêt de 4 pour 100 pendant 46 ans.

Les propositions de la compagnie des chemins de fer du Nord établissaient à la fois et l'existence des capitaux et le peu de propension qu'ils avaient à se porter sur de grands travaux d'utilité publique. Maintenant il faudrait fermer les yeux à la lumière pour ne pas voir combien les choses sont changées. L'esprit d'association vient à peine de naître, et déjà il a reçu des développements remarquables. De toutes parts les capitaux, grands et petits,

affluent vers les entreprises industrielles. Cette tendance, qu'il faut bien soigneusement distinguer du déplorable agiotage dont la Bourse de Paris a été récemment le théâtre, ouvre à notre pays un avenir entièrement nouveau et mérite vos encouragements. C'est cette tendance qui nous a inspiré la pensée que le moment était venu de sortir des vieux errements, et de fournir à l'association une occasion solennelle d'essayer ses forces, de montrer sa puissance; c'est elle aussi qui nous a persuadé que des compagnies privées pourront exécuter avec leurs propres ressources et sans subvention aucune, la plupart des chemins projetés.

Appelé, comme rapporteur, à soumettre plus particulièrement à une investigation minutieuse les registres que diverses compagnies nous ont présentés, il me sera permis de déclarer ici que j'ai aperçu généralement dans les modes de souscription, dans les noms et les qualités des souscripteurs, aussi bien que dans le montant des sommes souscrites, tous les caractères d'engagements sérieux; que les diverses classes de la société figurent également dans ces registres; que les départements, ceux surtout que les chemins doivent parcourir, y occupent une large place; enfin que des valeurs considérables viendront de l'étranger s'ajouter à celles qui doivent être fournies par nos propres capitalistes.

Ne croyez pas cependant que, dominée par ces impressions favorables, la commission ait voulu laisser la société désarmée en présence de l'intérêt privé. A cet égard, ses préoccupations étaient même si vives que, sans s'arrêter à l'idée qu'elle empiétait quelque peu sur les attri-

butions de la commission des sociétés commerciales, elle a rédigé, relativement à l'organisation des compagnies et aux garanties à leur imposer, un certain nombre d'articles que nous allons faire connaître, en supprimant toutefois les développements. Ce sacrifice, commandé par le désir de ne point abuser aujourd'hui de votre attention, n'empêchera pas que pendant le débat oral les membres de la commission ne viennent à cette tribune développer tout ce qu'il y a d'important, de nécessaire dans les résolutions qu'ils vont soumettre à votre jugement.

1° Les compagnies seraient tenues de faire un cautionnement dont elles pourraient toutefois demander la restitution après l'achèvement de la cinquième partie des travaux concédés.

2° Les compagnies pourraient être mises en déchéance, soit en cas de non-exécution des travaux dans le délai déterminé, soit pour un manquement grave aux conditions du cahier des charges. La déchéance ne serait pas une confiscation déguisée. Une adjudication des travaux commencés aurait lieu au profit de la compagnie, selon le mode établi à l'article 32 du cahier des charges pour le chemin de Bâle à Strasbourg. La dévolution définitive à l'État ne serait prononcée que dans le cas où, après deux épreuves à six mois de distance, il n'y aurait pas eu d'acquéreur. Le chemin ne pourrait être continué qu'en vertu d'une loi qui réglerait, en outre, le montant de l'indemnité à laquelle les adjudicataires primitifs pourraient avoir droit.

3° La faculté de rachat des chemins de fer par l'État, stipulée à l'article 44 du cahier des charges du chemin

de Bâle à Strasbourg, figurerait désormais dans tous les actes analogues. Le revenu serait calculé sur les dix dernières années.

4° Les gérants, administrateurs et directeurs devraient posséder une portion du capital social, assez forte pour répondre de leur bonne gestion. Cette portion, inaliénable jusqu'à l'entier achèvement des travaux, serait déposée à la caisse des consignations.

5° Il y aurait interdiction absolue de l'attribution d'actions industrielles à des personnes dont on voudrait rémunérer les services. La part de bénéfices destinée à récompenser les ingénieurs, les gérants, et à exciter leur activité, deviendrait toute personnelle; elle ne serait susceptible ni de négociation, ni de transfert.

6° Aucune émission et négociation de titres, mêmes provisoires, ne pourrait avoir lieu avant la promulgation de la loi.

7° Le cahier des charges ne serait accepté et signé qu'après que des engagements dûment souscrits, représenteraient un capital social égal au moins à la moitié de l'estimation de la dépense.

8° Avant la présentation de la loi, la Compagnie devrait justifier du versement en espèces d'un dixième du même capital.

Ces garanties, tout utiles qu'elles soient, n'ont pas semblé à la commission rendre superflu un examen approfondi de la question d'utilité générale, de la question d'art, de l'organisation intime des compagnies, et même des calculs divers sur lesquels elles peuvent fonder leurs chances de profit. Le mode actuel est très-vicieux. Les

Chambres interviennent au début de l'affaire, quand les projets sont à peine rédigés, quand la compagnie n'a qu'une existence précaire. Ce qui est encore pis, on les appelle à autoriser une adjudication entre des compagnies qu'elles ne connaissent même pas, autant dire à donner un blanc-seing à l'administration. On remettrait les choses dans leur ordre naturel, si l'on décidait :

1° Qu'hormis des cas exceptionnels fort rares, la concession directe, seul moyen d'apprécier la moralité et la solidité des compagnies, serait préférée à l'adjudication;

2° Que les projets, avant la présentation de toute proposition de concession aux Chambres, devraient être assez étudiés pour donner une idée des frais de construction et des difficultés d'art à vaincre;

3° Qu'à la même époque, la compagnie, complétement organisée, devrait avoir soumis ses statuts au conseil d'État, dont l'avis motivé serait joint au projet de loi, tout aussi bien pour les sociétés en commandite que pour les sociétés anonymes.

Alors, les commissions des Chambres pourraient se livrer à un véritable examen des statuts de chaque compagnie, des avantages financiers et économiques des entreprises, des questions d'art, du montant présumé des dépenses d'exécution et d'entretien, des oppositions de toute nature collectives ou individuelles, etc., etc. Dans ce système, l'intervention législative ferait quelque chose; la loi aurait pour les compagnies tous les effets dont l'ordonnance royale jouit aujourd'hui à l'égard des sociétés anonymes; le vote des Chambres deviendrait définitif, puisqu'il porterait sur les statuts, sur l'organisation même

des associations, ainsi que cela se pratique, au reste, de l'autre côté du détroit.

Après cette sorte de disgression dont la Chambre, nous osons l'espérer, sentira toute l'opportunité, nous reprenons la discussion des arguments présentés par M. le ministre du commerce.

Dans l'examen comparatif des travaux du gouvernement et de ceux des compagnies, l'exposé des motifs remonte beaucoup trop haut; aussi sommes-nous peu embarrassés de cette interrogation ministérielle : « Nous demanderons quelles sont les opérations un peu vastes que les associations particulières ont pu conduire heureusement à leur terme. » Notre réponse est toute prête; elle sera très-simple : En France, aux époques dont parle l'exposé des motifs, les compagnies n'étaient pas encore nées !

Oh ! l'objection aurait une grande force, si on avait pu l'appliquer aux contrées dans lesquelles l'esprit d'association existe depuis longtemps et a toujours reçu de l'autorité encouragement et appui. Mais, comme de raison, la France seule a été mise en scène. Par là on s'est soustrait à l'accablante énumération de routes, de chemins de fer, de ponts, de canaux, de ports, d'embarcadères, de docks, d'établissements industriels de tout genre qui, dans un pays voisin, démontrent à chaque pas que l'association est le plus énergique ressort dont les nations modernes puissent faire usage pour accroître leur bien-être, leur richesse et leur importance politique.

Sans sortir, au surplus, du cercle étroit qu'on trace autour de nous, serait-il donc bien difficile de trouver

dans les départements de France, de trouver près de Paris, de trouver dans Paris même, de grands travaux commencés par l'État, sans cesse interrompus, repris, et dont l'achèvement, il y a quelques années, a été définitivement dévolu à des compagnies de capitalistes?

Le gouvernement admet la puissance de l'industrie privée, quand ses opérations sont renfermées dans certaines limites. C'était ici ou jamais le cas de fixer ces limites par des nombres. Une pareille fixation, nous devons l'avouer, eût été quelque peu difficile; on devait prévoir le cas où des registres de souscriptions personnelles, authentiques, seraient venus contredire les chiffres ministériels; fallait-il cependant laisser la Chambre dans la complète incertitude où la place cette phrase de l'exposé des motifs : « Dans l'opinion du gouvernement, les capitaux sérieux manquent à l'industrie privée, du moment qu'une entreprise excède *une somme donnée!* » Ces mots, *une somme donnée*, seraient au besoin trop élastiques pour que nous puissions être tentés de les contester. Qui ne voit, toutefois, qu'une classification des chemins, basée sur le maximum de dépense qu'ils doivent entraîner, pouvait, même dans le système ministériel, être substituée avec avantage à celle qu'on vous présente, d'embranchements, de chemins secondaires, etc., etc. Les compagnies auraient su alors nettement à quoi s'en tenir sur les intentions de l'administration. Aujourd'hui, peuvent-elles s'y reconnaître quand on leur refuse une ligne principale évaluée 20 millions de francs, et qu'on se montre disposé à leur accorder un embranchement (celui d'Amiens à Boulogne) qui doit en coûter 40?

Venons maintenant aux objections qu'oppose la commission, à l'intervention directe de l'État dans l'exécution des chemins de fer, là, et là seulement, bien entendu, où de puissantes compagnies se présentent. Afin d'être moins gênés dans l'expression de nos doutes, nous commencerons par rendre un hommage sincère aux ingénieurs pleins de savoir, de conscience, de zèle, de dévouement et d'honneur, qui forment le corps des ponts et chaussées. Notre confiance dans le succès des compagnies s'est accrue de celle que ces mêmes ingénieurs nous inspirent, lorsque nous avons appris qu'ils seraient placés à la tête des grandes entreprises projetées, pour tout ce qui concernerait les travaux d'art. Il est donc bien entendu que nos inquiétudes, que nos critiques concernent exclusivement l'organisation, suivant nous très-vicieuse, du corps des ponts et chaussées, du moins en ce qui touche certaines natures de travaux. Les ingénieurs eux-mêmes sont complétement en dehors du débat. Nous répéterions cent fois, s'il le fallait, que nous professons pour eux la plus profonde estime.

Il y a cinq ans, Messieurs, l'industrie particulière, qui depuis n'a cependant pas démérité, trouvait dans les Chambres beaucoup plus de faveur qu'aujourd'hui. Prenez *le Moniteur* de cette époque, et vous y lirez ces paroles : « Elle seule (l'industrie particulière) a le secret du juste rapport des avantages et des dépenses; elle seule sait approprier les travaux à leur fin; elle seule sait éviter les folles dépenses où entraîne précisément le grandiose dans les travaux qui ne le réclament pas. »

Lorsque, dans le débat oral qui suivra ce rapport,

nous viendrons à cette tribune vous prémunir contre les folles dépenses que l'administration publique ne manquerait pas de vouloir faire, si vous lui confiez l'exécution des chemins de fer; lorsque nous vous entretiendrons du goût ruineux des ingénieurs du gouvernement pour le grandiose, M. le président du conseil nous prêtera certainement l'appui de son autorité; car, il faut vous l'apprendre, Messieurs, le passage que nous avons cité est tiré textuellement d'un discours de M. le comte Molé à la Chambre des Pairs.

Les vues générales, applicables à toutes les natures de travaux possibles, sur lesquelles se fonde l'opinion de M. le président du conseil en faveur des compagnies, se fortifient de considérations non moins puissantes quand il est spécialement question de chemins de fer.

Dans un chemin de fer, en effet, il ne s'agit pas uniquement de nivellements, de tracés, de travaux d'art; des transactions commerciales y jouent un rôle important. Jusqu'ici des cours de commerce n'ont pas figuré parmi ceux de l'École polytechnique ou de l'École des ponts et chaussées. Mais fussent-ils créés et professés depuis longtemps, nous n'en devrions pas moins, sous ce rapport, nous défier de la capacité de nos ingénieurs. Les affaires, ainsi qu'on les appelle vulgairement, supposent une nature d'esprit toute particulière; il faut, pour y réussir, un tact, une pénétration, une finesse qui ne s'acquerront jamais dans les amphithéâtres. Rien, en ce genre, ne pourra suppléer à une longue, à une constante pratique des hommes et des choses. Or, qui n'a remarqué combien, par un honorable sentiment de délicatesse, la plupart de

nos ingénieurs des ponts et chaussées cherchent à se tenir à l'écart de toute affaire dont la conclusion doit être un paiement? N'en doutons pas, Messieurs, les achats de terrains, de rails, de machines locomotives, etc., se feraient plus mal et à des conditions beaucoup plus onéreuses, par les employés de l'État que par ceux des compagnies. Enlacés dans une multitude de formes administratives, conservatrices, si l'on veut, mais, d'un autre côté, minutieuses, compliquées à l'extrême, les délégués du gouvernement ne pourraient presque, dans aucun cas, leur substituer la voie prompte et souvent économique de la transaction privée. De là d'incalculables longueurs et d'énormes difficultés. Le ministre lui-même l'a si bien prévu, qu'il parle déjà, dans l'exposé des motifs, de la possibilité de simplifier les formes actuelles.

Si cette simplification avait pu être assez radicale pour ôter tout sujet d'opposition aux partisans des compagnies, pourquoi ne l'a-t-on pas opérée avant de présenter les projets de loi des chemins de fer et des canaux? Puisqu'on fait espérer des améliorations, il eût été très-utile de savoir, par exemple, si l'administration des ponts et chaussées continuera, en matière de travaux publics, à être juge et partie; si elle seule aura le contrôle de ses propres actes. Chacun eût voulu apprendre comment elle échappera désormais au besoin que l'esprit de corps lui a jusqu'ici imposé, de jeter un voile épais sur les fautes de ses membres; où elle trouvera l'énergie qui lui a si souvent manqué, même lorsque les plus graves intérêts lui criaient sans cesse d'enlever à tel ou tel ingénieur systématique ou inhabile la direction qui lui avait été confiée

d'un travail capital; à quels procédés inusités elle recourra pour employer chacun suivant sa spécialité; d'où elle fera surgir la multitude de piqueurs, de conducteurs qu'exige ront de nouveaux travaux, car elle satisfait à peine à la besogne courante; comment enfin elle résistera aux influences personnelles qui jusqu'ici ont paru la maîtriser, et dont on pourrait citer de nombreux exemples.

Toutes ces questions, Messieurs, s'éclairciront en temps et lieu. Votre commission a dû prendre les choses dans l'état actuel. En partant de cette base, nous trouvons très-naturel que M. le ministre du commerce ait prévu qu'on lui dirait dans cette enceinte : « Si l'on confie d'aussi grands travaux à l'État, on n'en verra jamais la fin, et la jouissance si désirée, si attendue de ces communications nouvelles, sera indéfiniment retardée. »

Nous laisserons, pour le moment, de côté, les citations que le gouvernement emprunte aux travaux d'un pays voisin, et qui lui semblent éminemment favorables à son propre système. Ces citations ne pouvaient être plus malheureusement choisies. Nous les emploierons nous-mêmes en temps et lieu, pour combattre le projet ministériel. Ici nous nous bornerons à une seule remarque; nous dirons que des citations cessent d'être des arguments de bon aloi, dès qu'elles ne sont pas complètes. Ainsi nous concevons à merveille que, pour donner une leçon de sagesse, de patriotisme à votre commission et même aux Chambres, *le Moniteur* du 3 avril dernier ait soigneusement enregistré le projet de loi présenté aux États-généraux, et en vertu duquel le gouvernement hollandais aurait exécuté lui-même des chemis de fer entre Rotter-

dam, Amsterdam, Utrecht et Arnheim. Mais, n'eût-il pas été convenable de nous apprendre plus tard, par la même voie, que les arguments si pleins de sens et de raison qu'on livrait à nos méditations, avaient été sans puissance, et qu'un rejet à l'unanimité, moins deux voix, dans lesquelles deux voix figurait encore celle d'un ministre, fit complète justice du projet tant préconisé.

Le gouvernement veut se charger lui-même des chemins de fer, afin de ne pas « offrir à l'agiotage, à cette plaie de notre époque, des aliments nouveaux qui lui donneraient la plus déplorable activité et la plus effrayante extension. »

Rien assurément n'est plus digne d'éloge, et la commission éprouve un véritable regret de ne pouvoir louer que l'intention. Mais nous aurions peine à comprendre comment les chemins de fer seraient soustraits à l'agiotage, si agiotage il devait y avoir, quand le gouvernement déclare ne se réserver que les 1,100 lieues de lignes principales, et qu'il destine à l'industrie 3 à 4 mille lieues de lignes secondaires et d'embranchements. Personne assurément n'oserait soutenir que l'agiotage, en s'exerçant, par exemple, sur les 20 millions du chemin principal d'Orléans, serait plus fâcheux, plus immoral, plus menaçant pour les fortunes privées que celui qui se cramponnerait aux 40 millions de l'embranchement d'Amiens à Boulogne.

Section quatrième. — Du budget de l'État en matière de travaux publics extraordinaires.

Passons maintenant, Messieurs, à la partie financière du problème. C'est là que nous trouverons les arguments peut-être les plus décisifs en faveur du système de la commission. Aussi, les eussions-nous développés les premiers, si l'ordre d'idées adopté dans l'exposé des motifs, n'avait pas, en quelque sorte, tracé notre marche.

Que nous demande le gouvernement? L'exécution, aux frais de l'État, de lignes de chemins de fer qui, d'après les avant-projets, doivent coûter 207 millions. Ces 207 millions, avec quelles ressources espère-t-on y faire face? La commission a entendu à ce sujet M. le ministre des finances, et elle a appris de lui :

Qu'il ne pouvait pas être question d'un emprunt dont le produit serait spécialement affecté aux travaux projetés; qu'on n'entendait pourvoir à la dépense qu'avec les excédants de recette et la réserve de l'amortissement; qu'on procéderait par allocations annuelles, afin d'être toujours en mesure de s'arrêter s'il survenait des circonstances graves.

Eh bien, Messieurs, la commission a considéré que, de notre temps, des excédants de la recette sur la dépense sont une chose rare; que la réserve de l'amortissement peut être rendue à sa destination primitive par une multitude de causes. Avec des ressources aussi éventuelles, il ne lui semblerait ni prudent ni utile que l'État s'engageât dans les travaux dont le projet de loi vous a fait connaître la vaste étendue.

Nos doutes quant à l'existence, ou si l'on veut quant à l'importance seulement des excédants de recette sur lesquels le ministère compte pour l'exécution des chemins de fer, résultent d'un examen attentif des engagements que l'État a déjà pris ou qu'on vous a proposés, et qui ne seront pas moins sacrés à vos yeux que des engagements postérieurs. L'achèvement des routes royales, l'amélioration des ports et des rivières, l'ouverture ou l'achèvement des canaux, doivent absorber une somme d'environ 300 millions qu'il faudra couvrir par des crédits annuels et successifs. Diverses propositions contenues dans le budget extraordinaire de 1839, représentent une somme de 34 millions. Des lois spéciales vous demandent, en outre, 11 millions destinés à de nouveaux canaux, et 4 millions 226,000 fr. pour les monuments publics. Lorsqu'il semble si difficile, sans rouvrir le livre de la dette publique, de pourvoir à cette charge extraordinaire de 49 millions que le pays supportera en 1839, la commission pouvait-elle vous proposer de nouvelles dépenses? Elle ne l'a pas cru, Messieurs. Nous avons la confiance que vous partagerez notre avis. Comme la commission, vous trouverez qu'entreprendre d'immenses travaux avec des ressources insuffisantes et mal assurées, serait une grande faute. Comme la commission, d'accord en cela avec M. le ministre des finances, vous ne voudriez pas aujourd'hui suppléer à cette insuffisance par des emprunts.

Un pays, financièrement parlant, n'est pas dans une position normale, lorsque vingt-trois années de paix n'ont amené aucune diminution dans sa dette. Accroître cette dette au milieu de la plus profonde tranquillité, à l'occa-

sion de travaux dont l'extrême urgence est contestée, et qui d'ailleurs peuvent être exécutés sans que l'État s'en mêle, ce serait un acte d'imprévoyance sur lequel nous ne pourrions pas nous arrêter plus longtemps sans faire injure à la Chambre.

## CONCLUSIONS.

Nous aurions manqué à un devoir si nous n'avions pas cherché à éclaircir par des communications verbales, les points que les documents imprimés laissaient dans l'obscurité. MM. les ministres des affaires étrangères, des travaux publics et des finances, accompagnés de M. le directeur général des ponts et chaussées, se rendirent dans le sein de la commission. Pendant cette conférence, les dispositions principales du projet de loi, leurs conséquences prochaines et éloignées, furent soumises, contradictoirement, à une discussion minutieuse. Toutefois, à part un petit nombre de considérations empruntées à la politique étrangère, et sur lesquelles nous n'aurions à nous expliquer que dans le cas où M. le président du conseil ne trouverait pas d'inconvénient à les porter à cette tribune, aucun argument nouveau ne surgit du débat.

En résultat, MM. les ministres annoncèrent l'intention de défendre le projet de loi dans toutes ses parties. Ce fut alors que le mot de transaction sortit de la bouche d'un des membres de la commission; ce fut alors qu'un de nos honorables collègues fit une peinture animée de tout ce que le pays pourrait avoir à souffrir d'un dissentiment absolu, inflexible, entre le ministère et les

commissaires de la Chambre. Le même membre alla jusqu'à poser nettement cette question : le gouvernement consentirait-il à retirer l'exclusion radicale qu'il avait prononcée contre les compagnies en tout ce qui concernait les lignes principales, dans le cas où la commission proposerait l'exécution par l'État, d'une de ces grandes lignes qui n'avaient pas encore trouvé de soumissionnaires ?

La réponse ne fut pas aussi nette que nous l'aurions désiré. Il était assez évident qu'une transaction n'aurait pas répugné à M. le président du conseil; mais M. le ministre du commerce insistait pour l'entière exécution du projet. En tout cas, il fallut bien renoncer à l'espérance que nous avions conçue, lorsque M. le président du conseil eut déclaré, en termes formels, que le ministère ne pourrait pas consentir à confier à une compagnie l'exécution du chemin de Belgique. Après avoir posé le principe de l'intervention des compagnies, la commission aurait-elle pu les exclure de la direction où, dit-on, il y a le plus de chances de réussite, et dans laquelle, s'il faut aussi en croire le bruit public, les propositions étaient le plus favorables ? Nous ne l'avons pas pensé.

Nous n'ajouterons plus qu'un mot, Messieurs, et vous connaîtrez dans tous ses détails la conférence qui a été si complétement travestie, et, circonstance fort étrange, à peu près dans les mêmes termes, par une foule de journaux paraissant le même jour sur les points les plus éloignés du pays.

A la fin de cette conférence, M. le président du conseil exprima une crainte qui nous avait nous-mêmes

fortement préoccupés; comme nous, il s'arrêta tristement à la pensée que le désaccord de la commission et du gouvernement pourrait retarder encore d'une année des améliorations que tout le monde réclame. Il croyait, au reste, que ce retard ne saurait être imputé au ministère; que la responsabilité en retomberait tout entière sur la commission. Eh bien, nous aussi, Messieurs, nous nous en rapporterons avec confiance au jugement de la Chambre et au jugement de la France entière. Non, personne ne croira que dix-huit députés honorés de vos suffrages, aient voulu arrêter le pays dans son essor, lorsque nous avons déjà dit à satiété, lorsque nous répéterons encore ici, que des compagnies puissantes, investies de la confiance publique, offrant à ce qu'il paraît toutes les garanties désirables de moralité et de savoir, sollicitent la concession de la plupart des lignes de chemins de fer, et que nous demandons à cor et à cri qu'on examine et qu'on accueille, s'il y a lieu, leurs propositions. Non! personne ne pourra transformer les membres de la commission en adversaires systématiques de ce moyen de communication admirable, lorsque nous ne dénions nullement à l'État, partout où un besoin public bien constaté se manifeste et que des compagnies convenablement organisées ne se présentent pas, la faculté et le droit d'exécuter lui-même les travaux dans la limite des possibilités tracées par le budget; lorsque de nos principes découle, par exemple, la conséquence qu'aujourd'hui même le gouvernement pourrait vous demander d'envoyer, aux frais du Trésor, des ingénieurs, des conducteurs, des piqueurs et des milliers de terrassiers, le long des lignes de Paris à

Strasbourg et de Marseille à Avignon, pour lesquelles, dit-on, il ne s'est pas présenté de compagnies soumissionnaires.

Se préoccuper de l'état de nos finances; désirer féconder l'esprit d'association honnête, moral, sérieux, à l'aide duquel nos voisins d'outre-Manche ont exécuté de si grandes choses et que les projets qu'on nous a soumis viennent de faire surgir dans notre pays; ne point s'abandonner à des illusions, même en matière de locomotives à vapeur; ne pas admettre, par exemple, avec l'exposé des motifs, que deux tringles de fer parallèles donneront une face nouvelle aux landes de Gascogne, tels étaient, à ce qu'il nous a paru, nos devoirs, et nous les avons scrupuleusement accomplis.

Aucun de nous n'a pensé que ce fût là entraver le gouvernement, lui lier les mains, le réduire à l'inaction. Eh, grand Dieu! qu'il songe au fâcheux état d'un bon nombre de routes royales, de la plupart des routes départementales, de presque toutes les routes communales; qu'il étudie les moyens de porter remède à un état de choses dont tous ceux qui rentrent en France après avoir parcouru les contrées voisines, sont vivement peinés; que l'interminable question des canaux reçoive une solution définitive à laquelle le bien-être de plusieurs départements et l'honneur de l'administration sont également intéressés; que sur ces canaux, aujourd'hui beaucoup trop dédaignés du public, on cherche à étendre, à généraliser, à perfectionner les moyens de locomotion à l'aide desquels de grands bateaux chargés de voyageurs parcourent déjà quatre lieues à l'heure; que d'habiles ingé-

nieurs enfin soient spécialement préposés à l'étude, au perfectionnement, à l'entretien de nos voies de communications fluviales, et cet ensemble de recherches, de travaux, suffira pour user la plus ardente activité. Qui ne voit, d'ailleurs, qu'en opérant de telles améliorations, dont l'importance n'est pas contestable, dont l'urgence frappe tous les yeux, le gouvernement pourra toujours compter sur le concours patriotique des Chambres et sur les applaudissements du public.

Nous voilà à très-peu près parvenus, Messieurs, au terme de la longue carrière que vous nous aviez tracée. Il ne nous reste, en effet, qu'à formuler nos conclusions, ou mieux encore, nous n'avons plus qu'à les réunir, qu'à les grouper, car déjà elles ont été nettement indiquées dans le cours de la discussion que vous venez d'entendre.

Le gouvernement dût-il, comme il vous le demande, rester chargé de l'exécution des grandes lignes de chemin de fer, vous ne pourriez pas donner votre assentiment au mode de répartition de travail tracé par le projet de loi, puisque, sans aucun avantage réel, il entraînerait l'impossibilité de profiter des améliorations, des perfectionnements, des découvertes dont l'art s'enrichira certainement d'ici à quelques années.

Vainement combattrait-on cette conclusion, en disant que l'exécution actuelle et simultanée de plusieurs lignes par les compagnies, aurait le même désavantage; chacun verrait en effet que, dans ce dernier cas, l'inconvénient serait racheté par une plus prompte jouissance du nouveau moyen de communication. La commission répondrait d'ailleurs qu'elle était chargée, non de coordonner

les travaux des compagnies, mais d'examiner si, dans le système du projet de loi, les fonds de l'État seraient dépensés avec toute l'intelligence, avec toute l'utilité possible.

La commission a appris, de la bouche même de MM. les ministres, que des compagnies se présentent pour exécuter à leurs frais, sans aucune subvention, les lignes de chemins de fer que le projet de loi signale comme les plus urgentes. Ces compagnies semblent sérieuses. Tout concourt à prouver qu'elles réussiront, ou même qu'elles ont déjà réussi à réunir de très-grands capitaux. Les inconvénients attachés aux travaux dirigés par l'intérêt privé, n'ont pas paru avoir toute la gravité qu'on leur attribue. D'une autre part, les avantages résultant des travaux exécutés par l'État, sont sujets à bien des éventualités. Les exigences, enfin, de notre position financière, ne permettraient, pendant plusieurs années, d'affecter aux chemins de fer que des sommes très-limitées. Dans cet état de choses, la commission a pensé qu'il fallait se hâter de recourir aux compagnies, et elle se voit forcée de vous proposer le rejet du projet de loi.

Ce rejet pur et simple était malheureusement, d'après la forme du projet, et d'après tous les usages de la Chambre, la seule voie qui fût ouverte à la commission pour vous faire connaître l'opinion qu'elle s'est formée sur la nécessité d'appeler aujourd'hui les compagnies à l'exécution des grandes lignes de chemin de fer. Elle n'a trouvé, à regret, aucun moyen de saisir directement la Chambre d'une proposition qui eût concerné telle ou telle compagnie, telle ou telle des lignes projetées. Le gouvernement s'empressera sans doute d'user de son ini-

tiative. C'est du moins dans cette espérance que la commission a désiré vous présenter son travail sans retard, et que le rapporteur, pour répondre au vœu de ses collègues, a mis entièrement de côté toute considération d'amour-propre. Après ces éclaircissements, on ne dira plus, nous devons le croire, que les efforts de la commission ont abouti à une pure négation.

Au reste, était-ce bien ainsi que devait être qualifiée la ferme volonté qui s'est manifestée parmi nous dès nos premières séances, d'encourager, de développer, de féconder cet esprit d'association qui commence si heureusement à poindre, dont la France a tout autant besoin que de chemins de fer, et à l'aide duquel d'ailleurs les chemins de fer et tant d'autres grands travaux pourront être exécutés sans grever le Trésor de l'État.

## IV

### IMPOSSIBILITÉ DE L'EXÉCUTION DU RÉSEAU DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS PAR LE GOUVERNEMENT DANS UN DÉLAI RAPIDE

[Le rapport qu'on vient de lire a été discuté dans les séances de la Chambre des députés des 7, 8, 9 et 10 mai 1838. M. Arago, en qualité de rapporteur de la commission, a résumé la discussion et défendu son opinion le 9 mai, dans un discours dont la fin a été renvoyée au lendemain 10 mai, et que nous extrayons du *Moniteur universel.*]

### 1° *Séance du 9 mai.*

M. Arago, *rapporteur.* Je demande la parole.

M. le Président. M. le rapporteur a la parole. (Mouvement d'attention.)

M. Arago. Messieurs, la Chambre doit comprendre

qu'en venant, en ma qualité de rapporteur, faire en quelque sorte le résumé de la discussion; je laisserai entièrement de côté quelques circonstances qui pourraient être considérées comme personnelles. Il importe en effet extrêmement peu au pays de savoir si M. Muret de Bort a voté dans un sens ou dans un autre, *parce qu'il* avait lu le rapport, ou *quoiqu'il* eût lu le rapport. (On rit.)

**M. Muret de Bort.** Quant à moi, il m'importait beaucoup de le lui dire.

M. Arago. Je laisse absolument de côté cette question, qui ne peut intéresser que l'amour-propre de M. Muret de Bort et le mien (Rumeurs), et j'arrive aux objections qui ont été présentées et qui paraissent attaquer le fond même de l'opinion que la commission a exprimée.

On a dit, on a répété à peu près unanimement ici et ailleurs, que la commission et son rapporteur avaient eu la pensée de faire ajourner l'exécution des chemins de fer jusqu'au moment où la science de la mécanique aurait réalisé certains perfectionnements dont il a été question dans le rapport.

Messieurs, j'avoue que cette objection m'a singulièrement étonné. Nous avons cherché, dans le rapport, à expliquer notre manière de voir dans les termes les plus clairs, les plus catégoriques possibles; et cependant, par une fatalité singulière, on a toujours supposé que nous voulions que le gouvernement et l'industrie attendissent que certains perfectionnements se réalisassent.

Nous avons dit, Messieurs, tout le contraire depuis le commencement du rapport jusqu'à la fin; mais que voulez-

vous? on a oublié nos paroles, on s'est rappelé certaines critiques de journaux dans lesquels, il est vrai, on nous a attribué cette opinion; mais cette opinion, la commission ne l'a point eue.

La commission était en présence d'une proposition du gouvernement, qu'il faut bien vous rappeler, et qui nous mettait, nous, dans l'obligation d'examiner si le mode de répartition du travail que le gouvernement avait adopté, était ou n'était pas admissible.

Le gouvernement proposait d'exécuter lui-même quatre lignes. Eh bien, nous avons supposé un moment que vous adhéreriez à cette demande; cela posé, nous nous sommes demandé si le système de travail qu'il proposait était ou n'était pas admissible, et nous avons dit : « L'art des chemins de fer est encore dans l'enfance; il y a non-seulement des améliorations imprévues, mais des améliorations que tout le monde entrevoit, dont la science se saisira, et dont l'industrie fera certainement son profit. Faut-il que le gouvernement travaille de manière à se mettre dans l'impossibilité de profiter de toutes ces améliorations? » En acceptant la question telle que le gouvernement l'avait posée, et en admettant que la Chambre lui aurait accordé la faculté d'exécuter les quatre chemins à la fois, il nous a paru que le gouvernement ne devait pas travailler à tous à la fois; il faut, nous disions-nous, qu'il porte l'ensemble de ses forces, tous ses moyens d'action, d'abord sur un des chemins: quand ce premier chemin de fer sera achevé, il travaillera au second; après cela on passera au troisième; on n'arrivera au quatrième qu'après achevé les trois premiers.

Je dis que cette manière *de distribuer,* entendez-vous, de distribuer le travail, est conforme à la raison : il n'y a pas un millimètre de chemin de fer de moins par année, dans le système que nous vous proposons, que dans le système présenté par le gouvernement; mais notre combinaison avait un avantage incontestable. L'art des chemins de fer étant encore dans l'enfance, un intervalle de trois années doit faire surgir quelques découvertes, quelques améliorations; dans un nouvel intervalle de trois années, d'autres perfectionnements viennent s'ajouter aux précédents, et ainsi de suite. Il résultait du mode de travail que nous vous proposions de substituer à celui que le gouvernement vous a présenté, cet avantage : que le premier chemin de fer étant achevé, vous étiez en mesure, lorsque vous commenciez le second, de profiter de toutes les améliorations que l'art et la science auraient obtenues dans l'intervalle des trois premières années; que, quand vous commenciez le troisième chemin, vous aviez six années d'expériences, d'études, de recherches, qui vous servaient à l'exécuter; qu'enfin, lorsque vous arriviez au quatrième, vous aviez neuf années d'excellents résultats que vous pouviez mettre à profit.

Comment est-il possible qu'une idée aussi claire, que nous avons développée dans notre rapport avec toute la netteté possible, ait été transformée en une proposition d'un temps d'arrêt dans l'exécution des chemins de fer! Nous avons dit qu'il fallait les exécuter sur-le champ, le plus promptement possible, puisque c'est un moyen de locomotion supérieur aux autres moyens connus; mais

nous avons seulement ajouté : Ne commencez pas les quatre chemins en même temps; d'abord travaillez exclusivement au premier; n'arrivez au second que lorsque le premier sera fini, et ainsi de suite.

Voilà notre idée tout entière, nous n'en avons pas eu d'autre; et prenez la peine de lire le rapport, vous verrez que c'est bien là le système de la commission, système raisonnable et que je défendrai encore s'il est attaqué de nouveau.

Nous n'avons pas été plus heureux sur le transit. Cette question avait été présentée par le gouvernement sous une certaine face. Eh bien, guidés par les hautes lumières d'une personne fort au fait des affaires commerciales, et que nous avions le bonheur de compter dans la commission, nous avons examiné si, vu du point de vue du ministère, le transit avait toute l'importance qu'on lui avait donnée; nous avons calculé, d'après les chiffres officiels, d'après les chiffres de l'administration, quels étaient les résultats du transit; et nous avons trouvé, non pas que cela devait être négligé, mais que le transit n'avait pas l'importance qu'on lui avait donnée.

Après avoir examiné la question sous le point de vue de l'exposé des motifs, nous avons ajouté d'autres considérations. Eh bien, on n'a pas lu notre rapport, puisqu'on nous reproche de ne pas avoir été plus loin.

Je dois dire, à cette occasion, que j'ai été surpris de lire dans le discours de notre honorable collègue M. Jaubert, qu'il était *inconcevable* qu'on n'eût traité la question du transit que sous un seul point de vue. Ce qu'il y a d'inconcevable pour moi, de la part d'un homme

d'un caractère aussi loyal que M. le comte Jaubert, c'est que s'il a aperçu cette lacune dans le rapport, il ne nous en ait pas fait part dans le sein de la commission ; il sait combien moi, rapporteur, j'ai été docile, avec quel empressement j'ai profité de toutes les observations qui m'ont été faites ; si M. le comte Jaubert avait eu la bonté de me signaler la lacune qu'il trouve inconcevable, j'aurais fait tous mes efforts pour la combler ; mais je me trompe, la lacune n'existe pas. Écoutez, s'il vous plaît, ce passage qui vient dans notre rapport après les chiffres relatifs à l'examen du point de vue spécial que le gouvernement paraissait avoir choisi :

« Ces chiffres dissiperont bien des illusions. Qu'on le remarque cependant, nous n'avons entendu traiter, à la suite de l'exposé des motifs, que la question du transit des marchandises appartenant à des étrangers à leur arrivée dans nos ports. Celle du transit des voyageurs, celle du transit de marchandises expédiées par notre commerce, ont une tout autre importance. Nous sentons très-bien ce que l'humanité, ce que la civilisation peuvent attendre des moyens de transports commodes, économiques, rapides, qui rapprocheront, qui uniront les peuples, ou devant lesquels du moins, s'affaibliront les haines nationales, les préjugés qui, durant tant de siècles, ont été si cruellement exploités. Nous savons très-bien aussi que *là où vont les hommes vont les affaires*, et que, dès lors, le commerce a tout intérêt à voir affluer sur notre territoire un très-grand nombre de voyageurs. Nous n'ignorons pas davantage combien les mille canaux de la Hollande contribuèrent jadis à faire des négociants

de ce pays, les facteurs du commerce du monde, et notre plus vif désir serait que nos concitoyens du Havre, de Nantes, de Bordeaux, etc., etc., trouvassent de semblables moyens de fortune dans les nouvelles communitions projetées. »

Vous voyez, Messieurs, combien tombent à faux les reproches qui nous ont été adressés; nous avions parlé nous-même de l'influence que le transit pouvait exercer sur la prospérité de nos ports et sur la fortune de nos armateurs, en les assimilant aux ports et aux négociants de Hollande.

Je dirai maintenant, Messieurs, que la principale considération qui ait déterminé le vote de la commission, quoiqu'elle ne l'ait pas placée en première ligne, et cela seulement parce qu'elle a cru qu'il était nécessaire, dans la rédaction de son rapport, de suivre pas à pas l'exposé des motifs, que sa principale considération a été financière. Avant d'examiner si on donnera, ou si on ne donnera pas au gouvernement les moyens de faire les chemins de fer, il fallait s'assurer si l'état des recettes et des dépenses le permettrait.

Eh bien, Messieurs, en cherchant si les ressources sont proportionnées à l'immense travail que le gouvernement propose d'exécuter, nous sommes arrivés à un résultat négatif. Ce résultat a été développé avec tant de supériorité par notre honorable collègue M. Duvergier de Hauranne et par M. Berryer, dans la séance d'hier, que je n'y reviendrai pas. Cette pensée s'est fortifiée dans nos esprits, non par ce que M. le ministre des finances a développé à la tribune, car nous devons lui rendre

cette justice qu'il avait dit les mêmes choses dans le sein de la commission, mais par l'expression même dont il a fait choix. Nous ne prendrons pas, vous a-t-il dit, d'engagement financier, nous prendrons seulement un engagement moral. Eh bien, quand on n'a pas pris d'engagement financier, quand on n'affecte pas à une nature de travaux un fonds spécial auquel on s'impose, dès l'origine, l'obligation de ne pas toucher, il arrive rarement que les travaux s'achèvent. Chaque année surgissent des difficultés pressantes, des intérêts nationaux qui vous forcent à disposer de vos ressources autrement que vous ne l'aviez voulu. Voici dans quels termes un directeur général des ponts et chaussées, M. Becquey, parlait de ces espèces d'engagement que le gouvernement prend avec lui-même. Voici ce qu'il disait dans un rapport en 1828 :

« La résolution prise de conduire à leur fin des travaux de ce genre, pour une époque fixée, à l'aide des sommes puisées dans le Trésor, n'est jamais un engagement de l'État avec lui-même; l'État est libre d'y renoncer, et il y renonce toujours si des nécessités plus pressantes réclament les ressources dont il dispose. » (Sensation prolongée.)

Voilà, Messieurs, une phrase qui est, en quelque sorte, l'horoscope du projet des chemins de fer, tel que le gouvernement le propose. Du reste, si la phrase de M. Becquey, résultat d'une expérience consommée, de réflexions profondes, ne paraissait pas démonstrative, nous n'aurions qu'à citer des chiffres pour faire voir que les choses se passent ainsi. Dans les œuvres des hommes, et surtout

des mêmes hommes, rien ne ressemble plus à l'avenir que le passé.

Le canal de Bourgogne a été commencé en 1775, vous savez qu'il a fallu plus d'un demi-siècle pour le terminer. Le canal de Saint-Quentin a été commencé en 1769, et vous savez, Messieurs, à quelle époque il a été achevé, ou plutôt vous savez à quelle époque il a fallu le retirer des mains du gouvernement pour le donner à une compagnie qui l'a achevé.

Il semble, en vérité, à entendre certains orateurs, que la commission se soit rendue coupable d'une hérésie, en disant que les machines locomotives n'étaient pas encore parvenues au degré de perfection désirable.

Je prendrai volontiers cette assertion sous ma responsabilité personnelle. Je dirai qu'il y a dans ces machines des causes de destruction incessantes qui, peut-être, disparaîtront demain. Dans l'état actuel des choses, on est obligé d'avoir un corps de pompes très-peu élevé, dont le piston a une course de peu d'étendue : il est donc nécessaire de les soumettre à des mouvements très-rapides de va-et-vient, ce qui est une cause continuelle et très-active de destruction pour tous les corps solides qui y ont été soumis.

Si, au lieu d'un mouvement de va-et-vient, on pouvait imprimer au piston et aux pièces qui en dépendent un mouvement de rotation continue; si le piston pouvait avoir un mouvement circulaire, toujours dans le même sens, cette cause de destruction aurait disparu en grande partie. Déjà des machines à vapeur à rotation immédiate ont été essayées, seulement avec plus de consommation

de combustible que les machines ordinaires. Mais la question de la consommation d'une plus ou moins grande quantité de charbon dans les procédés de locomotion n'est pas la principale; ce qu'il faut surtout éviter, c'est que les machines se détruisent avec une trop grande rapidité. Supposez que l'on parvienne à faire une machine rotative immédiate, et je le répète, il y a des ingénieurs français qui s'en occupent, qui sont en voie d'expérimenter, et qui, je l'espère, attacheront par la découverte de cette machine un nouveau fleuron à notre gloire nationale; si, dis-je, cette machine réussit, vous aurez résolu un problème qui changera à beaucoup d'égards le problème de la locomotion sur les chemins de fer. Quelques orateurs ne croient pas aux grandes imperfections dont la commission a parlé. Examinons donc ce que les chemins de fer coûtent, quelles sont les réparations à faire aux machines et aux rails. Nous demanderons ensuite, non pas aux mécaniciens, mais aux industriels qui exploitent les chemins de fer, si l'on peut appeler parfaite une machine qui, par exemple dans un seul semestre de 1833 sur les chemins de Liverpool à Manchester, a exigé pour les réparations des locomotives une dépense de 335,000 francs, et l'intervalle à parcourir n'est que douze lieues. Et savez-vous quelle est la masse d'ouvriers que ces réparations ont exigée?

Les salaires des ouvriers qui, dans l'intervalle de six mois, ont concouru dans les ateliers à la réparation des locomotives du chemin de Manchester à Liverpool, ont été de 102,000 francs. Et encore ne croyez pas que toutes ces machines aient pu être réparées dans les ateliers. Elles

se dérangent en route, on est obligé de les réparer sur place. Eh bien, ces réparations sur place ont coûté une somme de 233,000 francs. Enfin, les rails ont exigé une dépense de 338,000 francs, dans l'intervalle de ce même semestre.

Messieurs, il nous a semblé qu'il était nécessaire, lorsque nous avions l'honneur de parler devant la Chambre des députés de France, lorsque nous étions l'organe d'une commission choisie par elle, de ne pas nous laisser entraîner à des jeux d'imagination, à des mouvements d'enthousiasme. Nous nous sommes fait un devoir d'aller au fond de la question. Sans doute il y a des chances de réussite très-grandes, nous les avons reconnues, et nous nous sommes empressés de les proclamer; mais dans le moment où nous engagions la Chambre de s'adresser à l'industrie particulière, il était de notre devoir de ne pas nourrir des illusions sur des chances de bénéfices que peuvent présenter beaucoup de lignes, mais qui ne doivent pas réaliser tout ce qu'on a paru croire. Nous avons dû nous placer dans la réalité des choses, nous avons regardé comme un devoir de dire ce que les chemins de fer sont au vrai, et non pas ce qu'ils sont dans la tête de certaines personnes qui les voient d'après les yeux de l'imagination.

Les chemins de fer sont très-utiles pour le transport des personnes; dans l'état des choses, ils sont moins utiles, quoiqu'ils soient utiles encore, pour le transport des marchandises. Si on pouvait, sur les chemins de fer, transporter les marchandises lentement, ils auraient d'immenses avantages, même sous ce rapport; mais,

malheureusement, cela devient à peu près impossible ou du moins très-dangereux lorsque la même voie sert aux voyageurs. Transportez les marchandises très-rapidement, et vous perdez beaucoup : vous ne retrouverez pas la compensation de vos dépenses, par la raison que vous ne pouvez pas imposer les marchandises comme vous imposez les voyageurs.

Les canaux ont un genre d'utilité que ne possèdent pas les chemins de fer. Sur les chemins de fer, à moins de renoncer à leur principal avantage, il faut aller vite; il ne faut s'arrêter en route qu'à de longs intervalles; les pays intermédiaires ne peuvent pas en profiter. Un canal, au contraire, profite à tous les propriétaires riverains; le fermier peut se servir d'un simple batelet pour transporter ses denrées au marché voisin et rapporter au gîte les objets qu'il a achetés.

Quoique je sois très-partisan des chemins de fer, quoique je désire qu'on en fasse en France très-promptement, tout de suite, et cette déclaration, je l'invoquerais au besoin, si mon opinion n'était clairement consignée dans tout le rapport; cependant, je regarde comme un devoir d'examiner si, par exemple, tout ce que le gouvernement nous propose de faire a dans le pays des chances pécuniaires de réussite. Je sais qu'il y a des cas dans lesquels il ne faut pas s'arrêter aux chances pécuniaires; il y a telle direction, par exemple, dont je parlerai dans un moment, et où je voudrais, moi, faire un chemin de fer lors même qu'il devrait coûter beaucoup et produire très-peu. Mais, en général, il faut supposer que les capitaux consacrés à ces grands travaux

rapporteront un certain intérêt. Voyons s'il y a probabilité que le réseau du gouvernement produirait 5 p. 0/0 d'intérêt.

Sur le meilleur des chemins de fer, sur le chemin de Liverpool, la dépense est des quarante centièmes de la recette brute.

Le gouvernement vous propose une série de chemins de fer qui devraient coûter, dans notre opinion, je sais bien que le gouvernement a contesté ce chiffre, mais enfin, dans l'opinion de la commission, ils devraient coûter 2 milliards; à 5 p. 0/0, cela ferait 100 millions. Puisque la dépense est des quarante centièmes de la recette brute, il faudrait donc 250 millions de recettes brutes. Quelle est la recette que font maintenant toutes les diligences? Que font l'administration des postes et les relais des postes pour tous les voyageurs qui circulent en France? J'ai cherché dans des documents irrécusables et, abstraction faite du transport des marchandises, j'ai trouvé qu'il y avait 52 millions de recette. Je ne dis pas, tant s'en faut, que, quand la facilité des communications sera devenue plus grande, on ne voyagera pas davantage; mais c'est à vous cependant à voir si vous espérez que le nombre des voyageurs quintuplera; car il faut qu'il quintuple pour que vous obteniez 5 p. 0/0 de la dépense qu'on vous propose. Au reste, je ne veux pas cacher que, dans mon opinion, il y a quelque probabilité que l'augmentation sera considérable, et, pour le prouver, je veux montrer à la Chambre, par quelques chiffres, dans quelle proportion, à mesure que la facilité des communications est devenue plus grande, le nombre des voyageurs s'est

augmenté. Mes citations seront favorables aux personnes qui croient que la locomotion par les chemins de fer multipliera à l'infini le nombre des voyageurs.

En 1776, il n'y avait à Paris que 27 coches : il partait tous les jours par ces coches 270 voyageurs. Aujourd'hui, il y a 300 voitures et 3,000 voyageurs.

Il est présumable que l'exécution des chemins de fer conduira à des résultats analogues.

En 1792, la ferme des messageries était de 600,000 fr. maintenant la taxe sur les messageries est de 5,600,000 francs; c'est presque dix fois plus. Si dans le passage des coches aux messageries l'augmentation a été aussi grande, il est probable que dans le passage des messageries aux chemins de fer, elle ne sera pas moins considérable.

En 1766, on allait de Paris à Lyon pour 50 francs en dix jours; on y va maintenant en trois jours.

En 1766, on allait de Paris à Rouen pour 15 francs en trois jours; vous savez qu'on y va maintenant en quelques heures.

Les facilités de la locomotion, les commodités dans les transports augmentent donc le nombre des voyageurs dans une proportion telle, que, nonobstant les chiffres que je viens de vous indiquer, je crois que l'exécution des chemins de fer conduira à des résultats très-importants quant au nombre des voyageurs qui parcourent toutes les parties de la France.

Arrivons maintenant à la question de savoir si les chemins de fer une fois bien classés, doivent être faits par le gouvernement ou par l'industrie privée. La com-

mission pense que l'intérêt privé est le meilleur juge de ce qu'il convient de faire, et qu'il aperçoit des possibilités là où la science et le zèle dont a parlé M. le directeur général des ponts et chaussées, science et zèle que je démentirai moins que personne, n'ont rien aperçu.

Vous vous rappelez que la question du chemin fer de Rouen a déjà été présentée à la Chambre. Il fut nommé une commission dont j'avais l'honneur de faire partie. M. le directeur des ponts et chaussées, et le ministre des travaux publics de cette époque, accompagnés d'un ingénier de mérite, que je m'honore d'avoir eu pour camarade à l'École polytechnique, se rendirent dans le sein de cette commission. Le combat était comme aujourd'hui entre le chemin de la vallée et le chemin des plateaux; des ingénieurs au service des compagnies dirent qu'il était possible de passer par la vallée. Mais cette possibilité fut niée d'une manière formelle par M. le directeur des ponts et chaussées et par l'ingénieur qui l'accompagnait. Ils déclarèrent positivement qu'il n'était pas possible de passer par la vallée; qu'il y avait des difficultés insurmontables. On apporta la carte de France; nous examinâmes la hauteur des plateaux, et ce fut sur une discussion qui s'était élevée entre M. Bellenger et M. Defontaine, que la commission suspendit son travail.

M. Legrand. Nous n'avons jamais dit qu'il fût impossible d'établir un chemin de fer par la vallée; ce que nous avons dit, c'est qu'il était difficile, au sortir de la ville de Rouen, de s'élever sur le plateau.

M. Arago. Il n'était pas question de Rouen à cette époque; il était question d'un chemin de fer de Paris à

Rouen, et il n'était pas question de sortir de Rouen. (Bruit.)

M. Legrand. Le projet de loi était de Paris au Havre.

M. Arago. C'était une question des environs de Paris, et c'est sur une proposition formelle que la discussion fut ajournée.

M. Teste. Ce que dit M. le rapporteur est parfaitement conforme au souvenir que j'ai gardé de ce qui s'est passé. J'étais président de la commission, et je pourrais trouver, dans les notes que j'ai conservées, la confirmation littérale de ce que vient de dire M. le rapporteur.

M. Arago. Le fait est parfaitement exact, et je remercie M. Teste d'avoir ajouté son témoignage au mien.

M. Legrand. Je m'inscris contre cette déclaration.

M. Arago. Nous ne pouvons nous tromper deux.

Je voulais faire voir que là où des ingénieurs de mérite n'avaient pas vu la possibilité de faire un chemin, l'intérêt privé l'avait aperçue. L'administration elle-même a reconnu depuis cette possibilité, car elle a fait faire deux projets par la vallée.

Messieurs, l'intérêt privé, que l'on suppose si impuissant, trouve les moyens de résoudre des questions qui paraissent insolubles à l'administration.

Je vais citer un fait, et j'espère que M. le directeur des ponts et chaussées ne dira pas qu'il est inexact, car j'ai apporté un certificat signé. (On rit.)

Un ingénieur de l'administration, ingénieur de beaucoup de mérite, a été chargé de faire un chemin de fer; c'était un de ceux qui vous sont proposés. Il rencontre sur sa route un parc (vous savez que l'administration ne veut pas qu'on marche dans les courbes, quoiqu'un ingé-

nieur civil, M. Laignel, ait trouvé le moyen de le faire); l'ingénieur du gouvernement trouve devant lui un parc qui appartient à une personne extrêmement riche. Ne croyant pas à la possibilité de traverser le parc, imaginant que les résistances du riche capitaliste seraient insurmontables, M. l'ingénieur traverse une large rivière, s'avance un peu sur la rive droite, et pour revenir sur la rive gauche, il projette un second pont.

Eh bien, ce chemin, une compagnie se présente pour l'exécuter. Le principal concessionnaire va trouver le propriétaire du parc, et lui demande passage.

Le capitaliste répond : « Est-ce une compagnie particulière? — Oui. — Je vous laisserai passer; je vous donnerai même le terrain; je vous impose seulement une condition, c'est que vous me referez mon saut-de-loup. »

Voilà le problème que l'administration n'avait trouvé le moyen de résoudre qu'en faisant deux ponts. (Rires et agitation.)

M. le président du conseil vous disait hier qu'il ne fallait pas s'arrêter au plaisir de mettre les membres du gouvernement en désaccord avec eux-mêmes. Les membres du gouvernement ont donné si souvent cette satisfaction à leurs adversaires dans cette session-ci, qu'en vérité je dirai que le conseil de M. le comte Molé est bon à suivre. Aussi n'est-ce pas pour le plaisir futile de mettre les membres de l'administration en désaccord avec eux-mêmes, que je viens de citer M. le président du conseil.

M. le président du conseil, à une époque où il connaissait parfaitement toutes les ressources de l'adminis-

tration publique, toutes les ressources du corps des ponts et chaussées, a été l'un des plus chauds comme des plus habiles avocats des compagnies particulières. Il me permettra donc de citer à l'appui de l'opinion de la commission quelques extraits des excellents rapports qu'il fit en 1828, lorsque le gouvernement voulut examiner comment on se tirerait de l'interminable affaire des canaux.

M. LE PRÉSIDENT DU CONSEIL. Mais ce que j'ai dit alors, c'est ce que j'ai répété hier.

M. ARAGO. Je dirai que les opinions de M. le président du conseil étaient tout à fait du goût de l'administration des ponts et chaussées à cette époque. M. Becquey répondit au rapport de M. le comte Molé, au rapport de 1828. Voici dans quels termes il formulait son opinion et l'opinion du corps des ponts et chaussées :

« Tout le monde sera d'accord avec M. le comte Molé sur la solution de la question suivante : Vaut-il mieux livrer l'exécution des canaux (il n'était question que de canaux alors) aux soins de l'industrie particulière, ou laisser l'État l'entreprendre à l'aide d'*emprunts* faits à des capitalistes? Posée dans ces termes, la question ne peut pas être un instant douteuse; je m'en suis moi-même expliqué dans bien des circonstances. »

Vous voyez, Messieurs, que si l'administration des ponts et chaussées a aujourd'hui un autre système, le système de la commission, le système qu'on a tant combattu, contre lequel on a tant argumenté, vous voyez que ce système a été celui de l'administration des ponts et chaussées elle-même.

Quant à M. le comte Molé, voici ce qu'il disait des compagnies :

« Ce que demande avant tout l'industrie particulière (et ce qu'on ne lui accordait pas, comme cela ressort de toutes les autres parties du rapport), c'est qu'on la laisse maîtresse, indépendante, libre dans son essor. Le gouvernement lui a toujours imposé ses plans, ses ingénieurs, ses conditions, et l'environne d'entraves dont elle s'effraie d'autant plus que les erreurs des devis rédigés pour le compte de l'administration semblent presque inséparables de tout ce qu'elle entreprend. »

M. le comte Molé ne voyait qu'un moyen d'amener l'affaire des canaux à une solution satisfaisante : c'était d'abandonner à l'industrie particulière la proposition des travaux et toutes les initiatives.

Il a été souvent question de la fixité des tarifs, de la nécessité de les modifier, des abus qui peuvent résulter de la persistance peu éclairée des compagnies à maintenir des tarifs exagérés alors qu'une diminution leur procurerait de grands bénéfices.

Voici ce que disait M. Molé, car toutes les questions relatives à l'organisation du corps des ponts et chaussées, que nous avons eu à examiner dans la commission, ont été traitées par M. Molé avec une supériorité très-grande dans le rapport dont nous donnons quelques extraits, et je regrette beaucoup de n'avoir pas connu tous ces passages lorsque j'ai rédigé mon rapport ; je n'aurais pas manqué de les y placer avec des guillemets. (Hilarité.)

On a parlé des tarifs uniformes, on veut établir des

tarifs uniformes dans les localités les plus dissemblables; dans les localités où les chemins coûteront des sommes tout à fait différentes, on veut les mêmes tarifs. Eh bien, M. le comte Molé disait : « Il est indispensable de varier les tarifs selon les localités. »

Après avoir annoncé que les erreurs dans les devis de l'administration semblaient inséparables de tout ce qu'elle entreprend, M. le comte Molé citait des cas dans lesquels l'administration s'était trompé. Je ne les citerais pas moi-même si M. Legrand, en racontant les fautes faites en Angleterre, en en faisant une juste critique, n'avait dit que l'administration française se trompait très-rarement. Voici des chiffres, je les prends dans le rapport de M. le comte Molé; je crois qu'il les tenait d'un ingénieur qui faisait partie de la commission (M. Tarbé).

Dans le canal de Monsieur et dans le canal d'Arles à Bouc, l'erreur était seulement d'un huitième; dans le canal du Nivernais l'erreur était un peu plus forte, c'était cinq huitièmes.

Dans le canal latéral de la Loire (j'en demande pardon à la Chambre, on ne met pas ordinairement un entier sous la forme d'une fraction), l'erreur était de *sept sixièmes.* (Hilarité.)

La question des tarifs a joué un si grand rôle dans la discussion, et paraît destinée à avoir tant d'influence sur le vote de la Chambre, qu'il est nécessaire de répéter toutes les phrases dans lesquelles M. le comte Molé a caractérisé cette question.

Il avait dit : « Le principe de l'unité pour les tarifs doit être abandonné. » C'était une idée fixe; M. le comte

Molé y revenait tour à tour, tandis qu'aujourd'hui c'est la fixation par l'administration, qui devient la pierre angulaire du projet du gouvernement.

Voici une dernière phrase prise à la page 9 du rapport ; elle dit que « quant à la révision des tarifs, le gouvernement doit s'en rapporter aux compagnies. » Vous le voyez, M. le comte Molé... (Mouvement au banc des ministres.) Ce n'est pas pour mettre M. le président du conseil en opposition avec lui-même que je poursuis ces citations.

M. LE PRÉSIDENT DU CONSEIL. Je vous prie de vous rappeler que je n'ai pas dit hier un mot qui soit en contradiction avec ce que vous rapportez ici.

M. ARAGO. Je ne sais, mais j'ai cru devoir m'appuyer de votre opinion de 1828.

M. LE PRÉSIDENT DU CONSEIL. Vous pouviez prendre tout aussi bien mon discours d'hier; il ne contient pas un mot qui ne soit dans le même esprit.

M. ARAGO. Les membres de la commission sont heureux de vous trouver comme auxiliaire...

M. LE PRÉSIDENT DU CONSEIL. Au contraire, je suis son adversaire très-décidé.

M. ARAGO. Le système de la commission était tellement dans le vrai, que nous sommes arrivés aux mêmes conclusions par des voies dissemblables : l'un était plus frappé par une considération, et l'autre par une autre considération : moi, j'ai été très-préoccupé de quelques inconvénients qui me paraissent attachés à l'organisation actuelle des ponts et chaussées : ces inconvénients, je les ai développés devant la commission ; je ne les aurais

pas discutés devant la Chambre si M. le ministre du commerce, dans son discours de l'autre jour, ne m'eût présenté comme l'adversaire des ingénieurs des ponts et chaussées. Eh ! mon Dieu, M. le ministre, les ingénieurs des ponts et chaussées sont vos subordonnés; ils vous sont attachés par des liens respectables; mais je leur suis attaché, moi, par des liens d'une autre nature et tout aussi précieux : ils sont presque tous mes élèves. Ce n'est pas moi qui critiquerai les ingénieurs des ponts et chaussées; ils ont été les plus habiles parmi les habiles de l'Ecole polytechnique.

Ce dont je me plains, c'est que, par des circonstances indépendantes d'eux et par un manque de bonne organisation dans le corps des ponts et chaussées, ils ne fassent pas tout ce qu'on peut attendre, je ne dirai pas de leur zèle et de leur honneur, mais de leur science, d'une science laborieusement acquise. Ce que je voudrais, c'est que les ingénieurs des ponts et chaussées, attachés à des compagnies, pussent se créer de grandes positions comme celles qu'ont acquises, en Angleterre, certains ingénieurs que M. Legrand connaît bien ; comme celles de Brindley, de Smeaton, de Rennie, de Telfort.

Que devient un ingénieur chez nous? Quand il a fait un travail, il est *amorti*, non avec intention de la part de l'administration, mais en résultat. On le fait venir à Paris, et il fait des rapports.

M. Legrand. Il faut bien que les rapports soient faits par des hommes habiles.

M. Arago. Moi, j'aime mieux que l'ingénieur habile fasse des ponts ou des canaux; j'aime mieux qu'au lieu

d'examiner les travaux des autres, il travaille par lui-même; c'est ainsi que l'on doit un grand nombre de constructions importantes aux ingénieurs d'Angleterre; c'est ainsi que Telfort a exécuté, sous des compagnies, à lui seul, une plus grande masse de travaux que dix ingénieurs en France qui valent autant que lui, ou du moins qui vaudraient autant s'ils étaient en position de faire valoir leurs talents, de faire valoir leur génie, de faire valoir leur zèle. Ce que je regrette extrêmement, précisément à cause de la haute opinion que j'ai d'eux, c'est de ne pas voir leurs noms attachés aux découvertes qui honorent l'art et l'industrie dans ces derniers temps. Sur la question des chemins de fer, quel est l'ingénieur des ponts et chaussées dont le nom rappelle quelque chose d'important? Vous trouverez au contraire beaucoup d'ingénieurs civils dans l'histoire des voies ferrées jusqu'à ce jour.

La machine locomotive, c'est la chaudière; elle n'existe pas dans ce petit mécanisme qu'admirent les personnes peu instruites, elle est dans un moyen prompt, efficace, d'engendrer toute la vapeur dont la machine a besoin pour marcher. Eh bien, c'est l'œuvre d'un ingénieur civil français, de M. Séguin. Les Anglais ne peuvent le contester. Un brevet d'invention bien caractérisé, publié en France, avait devancé la machine de Stephenson.

Vous savez que, pour engendrer dans une machine à vapeur une grande quantité de vapeur, il faut établir là une ventilation active.

Vous ne pouvez l'obtenir qu'avec une immense chaudière ou avec une immense cheminée. Vous savez ce que

serait une immense cheminée avec les tunnels multipliés, et quelle oscillation cela donnerait à tout le mécanisme de la machine. Eh bien, qui a inventé le moyen de se servir d'une vapeur perdue pour augmenter le tirage et pour remplacer l'immense cheminée dont on avait eu la pensée de se servir d'abord? c'est un ingénieur civil, un médecin de Paris, M. Pelletan.

Vous savez que les ingénieurs ont eu à résoudre un problème important, celui de parcourir avec une certaine rapidité les courbes d'un certain rayon. C'est encore un ingénieur civil, et non un ingénieur des ponts et chaussées, qui l'a résolu. N'allez pas croire, Messieurs, que je ne fasse pas beaucoup de cas des ingénieurs des ponts et chaussées. Je les considère, au contraire, je le répète, comme l'élite de l'École polytechnique, comme des hommes hors de ligne; s'ils ne font pas tout ce qu'on peut attendre de leurs talents, c'est à cause de l'organisation vicieuse du corps; c'est qu'on ne cherche pas à créer des spécialités; c'est que chaque homme n'est pas appliqué à la direction d'idées qui s'est manifestée en lui.

Je parle de spécialité. Permettez-moi de me servir d'une comparaison qui paraîtra peut-être étrange, mais qui est juste. Que diriez-vous d'une armée dans laquelle on vous annoncerait que chaque officier commande tour à tour l'infanterie, la cavalerie, l'artillerie et les sapeurs? Vous n'auriez pas une trop bonne opinion de cette armée. Eh bien, il en est ainsi pour les ponts et chaussées. Quand un ingénieur s'est occupé des questions hydrauliques relatives à la canalisation ou à l'amélioration des fleuves, on

l'envoie faire des ponts : celui qui sait faire des ponts, qui a acquis de l'expérience dans cette spécialité, s'il y a un port à améliorer, on l'y enverra. Je dis que c'est là un défaut très-grave; et pour le faire ressortir, permettez-moi de vous citer un ou deux cas où des spécialités, ayant été laissées à leurs travaux de prédilection dans les ponts et chaussées, ont produit des résultats admirables.

Je citerai les phares. M. Becquey était très-bien intentionné pour le corps des ponts et chaussées, il institua une commission des phares; je faisais partie de cette commission, et je m'étais chargé des expériences. Bientôt je vis qu'une seule personne ne pourrait pas suffire à cette tâche. Ma correspondance avec un ingénieur des ponts et chaussées m'avait démontré qu'il y avait dans ce corps une personne, un homme de science, un homme de génie pour cette spécialité, je priai M. Becquey de l'attacher au service des phares. C'était à Paris que l'on faisait ces expériences. Mais telles sont les exigences du corps des ponts et chaussées, que le savant dont je parle, M. Fresnel, l'un des hommes les plus considérables de la science que la France ait jamais produits, ne put être attaché à la commission qu'en travaillant du matin au soir au pavé de Paris. Il faisait le toisé du pavé de Paris, en même temps qu'on le chargeait de faire des expériences sur les phares.

Voulez-vous une autre exemple de spécialité?

DE TOUTES PARTS. A demain, il est six heures !

M. LE PRÉSIDENT. M. Arago continuera demain son résumé.

## 2° *Séance du 10 mai.*

M. LE PRÉSIDENT. L'ordre du jour est la suite de la discussion du projet de loi sur les chemins de fer.

M. le rapporteur a la parole pour la continuation de son résumé.

M. ARAGO. Messieurs, en commençant hier, au nom de la commission, le résumé de la discussion générale, il m'a paru qu'il était convenable de répondre en quelques mots à des difficultés qui nous avaient été adressées de toutes parts et qui ne nous semblaient pas fondées.

Nous avons montré que l'intention de la commission n'avait jamais été d'empêcher le gouvernement, ou d'empêcher les compagnies de travailler tout de suite, de travailler activement à la confection des lignes de chemins de fer. La commission n'avait discuté que la question de savoir si l'on devait travailler à toutes les lignes à la fois, ou s'il ne fallait pas porter toute la force d'action sur une ligne particulière, de manière à profiter des améliorations et des perfectionnements que tout le monde attend, que tout le monde désire, et que certainement l'art et l'industrie nous fourniront d'ici à peu de temps.

Nous avons aussi traité succinctement la question du transit; après l'avoir examinée, comme on l'avait dit, sous le point de vue un peu restreint que le gouvernement avait adopté, nous nous sommes aussi attachés à la traiter dans des vues générales et à voir l'influence qu'elle pouvait avoir sur la prospérité de notre commerce.

Quelques phrases du discours de M. le ministre des travaux publics m'avaient amené à toucher un autre sujet, celui de savoir si le corps des ponts et chaussées, dont

personne ne conteste le mérite, dont tout le monde, au contraire, reconnaît la haute capacité, était organisé de manière à pouvoir suffire aux grands travaux qui vous sont présentés.

Cette question, je n'ai fait que l'effleurer; j'y reviendrai, si cela est nécessaire, dans une autre occasion. Cependant il est bon que je réponde à une ou deux assertions de M. le directeur général, et à une ou deux phrases de l'exposé des motifs, parce qu'elles me semblent de nature à exercer quelque influence sur la détermination de la Chambre.

Lorsque nous avons contesté à l'État la possibilité de faire très-vite et économiquement des chemins de fer, surtout quand ces chemins doivent occuper de très-grands espaces, on nous a cité la Belgique. Eh bien, si les besoins de la discussion nous y amènent, nous prouverons que cet exemple est très-mal choisi, que les chemins de Belgique ont été mal exécutés, qu'ils ont été faits avec une légèreté telle que certainement ils ne doivent pas servir de modèles. Je suis étonné de voir que M. le directeur général des ponts et chaussées, qui sans doute connaît tous les défauts de cette construction par les renseignements qu'il a dû recevoir, se soit appuyé de cette exécution imparfaite pour dire qu'un corps organisé comme le corps des ponts et chaussées de Belgique ferait d'excellents chemins de fer. Nous avons cité des chemins exécutés en Angleterre par des compagnies; on a dit que les pays ne se ressemblaient pas; que les capitaux n'étaient pas en France réunis dans un petit nombre de mains; que les propriétaires des terrains que devaient

traverser les chemins ne se prêtaient pas à l'exécution des travaux, et enfin mille difficultés de ce genre.

Nous avons cité les États-Unis, où les compagnies particulières exécutent, comme vous savez, des chemins avec beaucoup de rapidité et d'économie. Eh bien, aux États-Unis, il est venu une fois au gouvernement central la pensée de faire un chemin de fer ; il en a fait un, un seul, celui de Cumberland. Il a fallu l'abandonner. C'est le seul qui n'ait pas réussi ; tous ceux qui ont été confiés à des compagnies sont en pleine prospérité; ils sont parcourus chaque jour par une immense quantité de voyageurs. Celui-là on ne l'a pas achevé, celui-là il a fallu, pour l'amener à bon terme, l'abandonner à une compagnie.

M. le ministre des travaux publics a dit, dans son exposé des motifs, que le corps des ponts et chaussées exécutait quelquefois longuement, il l'a reconnu; mais il a ajouté que cela avait lieu seulement quand les fonds manquaient.

Je suis bien fâché de le dire, mais cela n'est pas exact. Le corps des ponts et chaussées n'exécute pas avec rapidité, alors même qu'il a des fonds, alors que tous les moyens de travail sont dans ses mains.

Ce fait a été éclairci dans une circonstance importante, dans une discussion relative à l'exécution des canaux; le corps des ponts et chaussées a eu des discussions très-vives avec les compagnies de prêteurs qui avaient fourni l'argent à l'aide duquel on a fait les canaux de 1821 et de 1822. Dans une réponse aux exigences des compagnies, l'administration déclara que les travaux

n'avaient pas marché avec beaucoup de rapidité, parce que les fonds avaient manqué. Cette assertion se trouve renouvelée dans l'exposé des motifs.

Voici la réponse, Messieurs :

« Au mois de mai 1825, trois années après la signature du cahier des charges, les compagnies avaient versé pour le canal latéral à la Loire, 4,125,000 francs. La dépense faite par le corps des ponts et chaussées à cette même époque était de 53,000 francs.

« Pour le canal du Nivernais, la compagnie, trois années après la signature du cahier des charges, avait déposé 3,142,857 francs; le corps des ponts et chaussées avait dépensé 400,000 francs. »

Vous voyez donc qu'il n'est pas exact de dire que les travaux du corps des ponts et chaussées ne marchent lentement que parce que les fonds manquent; les travaux marchent lentement, parce-qu'il est de la nature de cette administration de marcher lentement.

M. le ministre a dit qu'on ferait des changements, des améliorations, des perfectionnements, et que ces perfectionnements permettraient de marcher plus rapidement. Attendons l'effet de ces perfectionnements, mais prenons les choses dans l'état actuel; je maintiens que, dans l'état actuel, les travaux se font avec beaucoup de lenteur.

Dans un discours très-élégant, très-éloquent, comme tous les discours qui sortent de la bouche de M. de Lamartine, l'honorable orateur vous a dit que la pensée d'aliéner de grands travaux, de grandes lignes de communication, de grands chemins, ne serait jamais venue à Napoléon.

Je suis fâché de répondre à M. de Lamartine par une chose qui sera très-peu poétique, par un fait. En 1809, Napoléon ordonna que tous les canaux ou même toutes les portions de canaux appartenant à l'État fussent vendus.

Il y a, Messieurs, une question qui a occupé beaucoup de place dans ce débat, c'est la question de l'agiotage. On a dit que, si l'on concédait les chemins à des compagnies, on fournirait à l'agiotage, à cette plaie, a-t-on dit, des temps modernes, de notre époque, un nouvel aliment.

Mais l'administration vous a déclaré, dès l'origine; elle vous a déclaré hier encore par la bouche de M. le directeur général des ponts et chaussées, que l'on voulait concéder aux compagnies une longueur de chemins de fer trois fois plus grande que la longueur que le gouvernement se réserve. Et je vous le demande, est-ce que l'agiotage ne s'exercera pas sur ces ramifications comme sur le chemin principal? Et ne croyez pas d'ailleurs que ce qu'on appelle des rameaux, ce soit chose insignifiante. Le chemin de Belgique, projeté par le gouvernement, doit passer par Amiens et aboutir à Lille. Arrivé à Amiens vous rencontrez un autre chemin qu'on appelle arbitrairement un rameau; cette portion, tout aussi longue que celle qui va d'Amiens à Lille, irait d'Amiens à Boulogne. A combien l'a-t-on estimée? 40 millions. Si j'en crois les déclarations des personnes intéressées, entre autres celle du maire de Boulogne, le gouvernement veut concéder ce rameau, cet embranchement à une compagnie particulière. Eh bien, est-ce que la spéculation ne pourra

pas agioter sur les 40 millions de l'embranchement d'Amiens à Boulogne comme sur la portion principale qui va joindre Amiens à Lille?

S'il doit y avoir agiotage, il y en aura tout aussi bien sur les ramifications que sur les lignes principales. Le gouvernement a déclaré que la portion des embranchements doit être beaucoup plus étendue, et par conséquent plus coûteuse que les lignes principales; il est donc certain que l'agiotage aura un large champ sur lequel il pourra s'étendre et se développer.

Est-il vrai, d'ailleurs, que les chemins de fer prêtent beaucoup à l'agiotage?

Quant à nous, nous avons voulu, autant qu'il a dépendu de la commission, que ce champ d'agiotage fût restreint, fût circonscrit; et c'est pour cela que nous avons voulu présenter la question des chemins de fer dans son véritable jour, que nous avons voulu qu'il n'y eût rien d'exagéré, que nous avons voulu réduire les avantages que les chemins de fer peuvent promettre au pays à leur valeur réelle, et non pas à leur valeur d'imagination. C'est pour cela que nous n'avons pas donné notre adhésion à une assertion de l'exposé des motifs, par laquelle le ministère tendrait à faire croire que, par exemple, le chemin de fer du Havre à Marseille, qui est en projet, deviendrait un moyen de communication de l'Amérique avec le Levant.

Je vous avoue, Messieurs, que nous n'avons pu nous persuader que des marchandises, venant de la Nouvelle-Orléans, par exemple, ne tiendraient aucun compte du détroit de Gibraltar et de la Méditerranée, pour avoir la

satisfaction de décharger leurs marchandises au Havre, et de les faire voyager, en les transbordant plusieurs fois, sur le chemin de fer du Havre à Marseille.

Nous croyons que les chemins de fer ont un immense avenir; mais celui que leur prédit l'exposé des motifs n'est pas fondé.

Je disais que la commission avait cherché à placer la question des chemins de fer dans son véritable jour; nous avons voulu nous garantir de toute exagération, de tout mouvement d'enthousiasme; nous avons voulu que chacun sût ce qu'il y avait de réel dans cette spéculation, ce qu'il pouvait en espérer; nous avons voulu, en un mot, qu'elle fût débarrassée de ces nuages qui enveloppent tant d'autres spéculations dont a parlé M. le ministre des finances.

Il y a des chemins de fer qui sont en voie de prospérité, qui sont dans une position très-favorable; par exemple le chemin de fer de Manchester à Liverpool; il est impossible de trouver dans le monde une localité plus avantageusement située que celle-là; Liverpool est, après Londres, le port le plus riche et qui fait le plus d'affaires du monde; Manchester est la ville manufacturière où l'on travaille le plus. A Liverpool arrivent les matières brutes, à Manchester on les travaille. Il n'y a pas, dans l'univers, des villes plus favorablement placées que celles-là pour servir de têtes à un chemin de fer.

Eh bien, qu'a rapporté ce chemin de fer de Liverpool? Il a rapporté, au maximum, 10 p. 0/0; par conséquent, les personnes qui croient que les chemins de fer produiront 30 et 40 p. 0/0, se trompent volontairement. Les chemins de fer sont une grande commodité pour le

pays, pour les voyageurs; il est nécessaire d'en faire; faisons-en tout de suite; mais ne disons pas aux spéculateurs que ce sera là une source de richesse immense. C'est un bon placement dans quelques directions, j'en suis convaincu; mais, je le répète, il faut se mettre à l'abri de toute exagération.

La question de l'agiotage a d'ailleurs vivement intéressé la commission; elle a cherché tous les moyens qui étaient en son pouvoir de le refréner, et c'est pour cela qu'elle vous a présenté une sorte de code relatif à l'organisation des compagnies, et qui ferait disparaître ce qu'il y a de plus hideux dans l'agiotage, je veux parler des actions industrielles. La commission (je prie la Chambre de vouloir bien se le rappeler) a proposé la suppression complète, radicale, des actions industrielles; et par là elle a fait disparaître ce qu'il y a de plus fâcheux dans l'organisation actuelle des compagnies. Il n'y a pas longtemps qu'à la Bourse on vous disait : « Donnez-moi une idée et un journaliste qui veuille la faire valoir, je vous la paie 100,000 fr. » (Mouvement.)

Il y a, Messieurs, dans la presse des hommes d'honneur, de savoir, qui emploient tout leur talent à faire prévaloir une opinion consciencieuse; ces personnes-là, je les respecte, je les estime; j'en connais beaucoup, et je m'honore de leur amitié; mais il en est d'autres qui font de leur plume trafic et marchandise, qui parlent de chemins de fer, de canaux ou de tout autre travail à l'occasion d'un vaudeville, à l'occasion d'une course de chevaux. Ces personnes-là se montrent dans les compagnies comme agents, comme gérants. Quand on leur demande :

Quel est votre apport dans la société? Fournissez-vous des rails? fournissez-vous des machines? avez-vous quelques idées nouvelles? Rien de cela : ils sont les historiographes des chemins de fer. (Rires approbatifs.)

Ce sont ces personnes que nous avons voulu atteindre, parce qu'on les solde avec des actions industrielles.

La commission s'est tellement préoccupée de l'agiotage que, sans s'inquiéter des clameurs que sa décision ne devait pas manquer de soulever et dont on a déjà pu voir quelques échantillons, elle a demandé la suppression radicale des actions industrielles.

Elle a fait son devoir, Messieurs, et si la Chambre entre dans cette voie, elle aura rendu un véritable service au pays et à l'industrie. (Approbations.)

Il faut dire, au surplus, pour être juste, que l'agiotage dont le pays a été témoin, qui a si profondément affligé les hommes honnêtes, n'a cependant pas eu tout le développement dont on a parlé. Parmi les entreprises qui, dans ces derniers temps, ont été cotées à la Bourse à des prix excessifs relativement aux prix d'émission, il en est une qui s'était produite dans le monde de la manière la plus honorable en passant par la filière de l'Académie des sciences; c'est pourquoi j'avais eu à m'en occuper.

Je vis avec regret qu'une chose bonne (je ne saurais dire si elle est bonne industriellement parlant, je ne le dirais pas dans mon cabinet, à plus forte raison à la tribune), qu'une chose bonne, quant aux résultats pratiques que les arts pourraient en obtenir, fût devenue l'occasion d'un agiotage effréné. Je priai les personnes honorables qui sont à la tête de cette entreprise de rechercher si le

mal avait été aussi grand que les journaux le disaient. On alla aux enquêtes, les enquêtes furent faites soigneusement. Les actions étaient passées en peu de temps de 1,000 fr. à 3,000 fr.

C'était exorbitant, c'était déraisonnable, c'était de la folie. Eh bien, toute vérification faite, il se trouva qu'on avait vendu douze de ces actions, et il n'était pas démontré que les vendeurs et les acheteurs ne fussent pas les mêmes personnes. (On rit.)

UNE VOIX. C'est le fer galvanisé !

M. ARAGO. Messieurs, vous avez remarqué dans l'exposé des motifs toute l'importance qu'on a donnée à la question stratégique. La question stratégique touche à la nationalité du pays, elle devait donc nous préoccuper vivement ; aussi, l'avons-nous examinée autant que le permettaient les lumières des membres de la commission ; nous avons cru aussi devoir faire un appel à des personnes expérimentées, et la Chambre ne trouverait pas étonnant que nous nous servissions de cette épithète, s'il nous était permis de nommer ces personnes ; nous nous sommes adressés, enfin, aux généraux les plus habiles dont s'honore notre pays. Eh bien, je dirai que le résumé que nous avons fait dans notre rapport de l'importance stratégique des chemins de fer, est l'exposé formel de leur opinion. Au lieu de nous abandonner à des idées générales qui trompent toujours, nous nous sommes placés dans des cas particuliers ; nous avons cherché à nous rendre compte des avantages qui pourraient résulter de l'usage des chemins de fer pour le transport des armées ; nous avons reconnu qu'il y aurait en effet des avantages, qu'il ne fal-

lait pas les négliger, et c'était une raison de plus à ajouter à toutes celles que nous avions fait valoir pour demander qu'il y eût des chemins de fer; mais nous avons reconnu que les avantages que les chemins de fer pouvaient présenter sur le point de vue militaire avaient été exagérés outre mesure.

M. Demarçay. Ils seraient même nuisibles en temps de paix.

M. Arago. Oui, général; nous n'avons indiqué ce point de vue particulier qu'en termes vagues, vu notre manque de spécialité; mais indépendamment de cela, nous croyons que les avantages que les chemins peuvent présenter en temps de guerre ont été fort exagérés.

Remarquez d'ailleurs que la question en litige, que la question de savoir si l'État ou les compagnies feront les chemins de fer, est tout à fait désintéressée ici; que les chemins de fer aient été faits par l'État ou exécutés par les compagnies, l'armée, si elle en doit tirer avantage, s'en servira de la même manière. On ose dire qu'on serait arrêté devant la question des tarifs; mais le transport des soldats, en temps de guerre, sur les chemins de fer, sera stipulé dans tous les cahiers des charges; il ne le serait pas, qu'on n'en serait pas pour cela plus embarrassé; on sait bien qu'en temps de guerre on n'est jamais gêné pour s'emparer d'une maison qui embarrasse une ville de guerre : on s'empare de la maison, et quelquefois même des habitants. Si donc les chemins de fer sont exécutés par les compagnies, l'armée en profitera tout aussi bien que si le gouvernement les avait faits. Ainsi la difficulté disparaît. Sous le rapport militaire, il y a des questions qui sont plus urgentes que celle-là.

Il y a des travaux pour lesquels on pourrait venir demander à la Chambre des fonds avec plus de raison que pour des chemins de fer; envisagés sous le point de vue stratégique, il y a des points de nos côtes qui sont complétement ouverts et qui devraient être défendus. Vous n'avez pas relevé les fortifications d'Huningue : supposons que pour ce point vous vouliez respecter les déplorables traités signés dans des circonstances malheureuses, en arrière de ce point il y a d'autres positions : il y a Thann, il y a Sainte-Marie, où tous les officiers du génie vous diront qu'il serait très-important de faire des fortifications : pourquoi ne les faites-vous pas?

Vous avez un port dans la Manche, dans lequel vous entassez millions sur millions; c'est le port de Cherbourg. Eh bien, il n'y a absolument rien pour défendre l'entrée de la ville de Cherbourg, et ne croyez pas que les étrangers n'y aient pas fait attention. Un prince anglais, en 1815, parcourut toutes nos côtes avec une autorisation du duc de Feltre; il visita tous nos ports, et il disait hautement et à tout le monde, à son retour : « Si nous avions su l'état de vos ports, nous vous eussions fait une visite pendant la guerre. Il y avait dans ces mots fanfaronnade et vérité. Quant à la fanfaronnade, on lui répondit sur-le-champ que les Bretons et les Normands auraient fait aux Anglais une réception un peu bruyante; mais ce qui est vrai, c'est que le port de Cherbourg n'est pas défendu : si l'on y faisait une descente, on n'y resterait pas, je le dis le premier; mais on détruirait tous vos établissements. (Chuchotements.)

On a parlé de transit, de statégie, on a vanté les che-

mins de fer sous le rapport du transit; on a dit que sous le rapport stratégique ils devaient produire des merveilles; on a dit que sous le rapport de la civilisation ils produiraient des effets dont le monde serait étonné. Cependant à l'occasion d'une phrase d'un membre de la commission par laquelle se trouvait indiquée la pensée que la commission ne demandait pas mieux que d'accorder au gouvernement, si les finances le permettaient, si des compagnies ne se présentaient pas, le chemin de Strasbourg à Paris et par conséquent de Strasbourg au Havre, M. le ministre des affaires étrangères, président du conseil, vous a répondu : « Vous ne nous donnez que ce qui ne vaut rien. »

Comment ce qui ne vaut rien?... Le transit ne vaut donc rien sur la route de Strasbourg? Comment! les considérations stratégiques dans cette direction ne sont rien?...

M. le Ministre des travaux publics. Le transit sera fait par le canal.

M. Arago. Oui, dans vingt ans.

M. le Ministre des travaux publics. Comment, dans vingt ans?

M. Arago. Ah! vous croyez que cela sera fait plus tôt, je ne demande pas mieux, j'en prends note, mais je ne le crois pas. Toujours est-il qu'on a dit que cela ne valait rien.

M. le Ministre des travaux publics. Comme produit.

M. Arago. Nous le reconnaissons; mais vous avez dit que ce n'était pas pour le produit que vous vouliez faire des chemins de fer; vous avez déclaré que c'était dans un intérêt national.

Si c'est dans un intérêt national, Strasbourg doit ap-

peler votre attention, tout aussi bien que la frontière de Belgique. Dans la question du chemin de fer de Strasbourg, il y a des questions de transit, des questions stra tégiques, des questions nationales, tout aussi importantes que les considérations que vous pouvez invoquer pour la route de Belgique.

Messieurs, j'avoue que je ne comprends pas comment on a pu dire que le chemin de Strasbourg ne vaut rien. D'ailleurs, que le chemin soit fait par le gouvernement, ou par une compagnie, peu importe : je répéterai cela à la fin de la discussion de toutes les questions que le projet soulève : Les avantages pour le pays seraient absolument les mêmes.

On vous a dit, Messieurs, qu'il fallait montrer l'administration dans toute sa splendeur aux populations étonnées. Eh! mon Dieu, Messieurs, je ne demande pas mieux; mais la proposition que le gouvernement vous a faite, dans les bornes où il l'a circonscrite, ne produira pas ce résultat. Le gouvernement ne veut maintenant travailler qu'au chemin de Belgique; il n'y aurait donc qu'une partie de la population, celle du nord de la France qui verrait le gouvernement dans toute sa splendeur; au Midi, ce ne serait plus le gouvernement, mais des compagnies particulières. Ainsi, ce motif ne devait pas être bien puissant pour le gouvernement, puisqu'il y a renoncé pour la plus grande partie des populations.

Il y a une considération qu'on a formulée en ces termes :

« Le gouvernement serait à la remorque des compagnies. » Non, Messieurs, le gouvernement ferait ce que

les compagnies ne font pas. Il y a des chemins qui peuvent avoir une immense utilité nationale, et pour lesquels des compagnies ne se présentent pas, le gouvernement ferait ces lignes-là ; de plus, le gouvernement fera d'autres travaux. Est-ce que nos routes ordinaires ne sont pas, sur plusieurs points, dans un état déplorable ? (Mouvements divers.)

Je crois apercevoir une dénégation (Très-bien !) je citerai des faits, je citerai une route royale, une des routes qui conduisent à Londres, où la diligence a été obligée d'abandonner un grand bourg et de passer à travers des jardins, et cela pendant six mois !

Je citerai la route de Châlons à Sainte-Menehould, où il est presque impossible de voyager l'hiver.

M. PÉRIGNON. Rien n'est plus vrai !

M. ARAGO. Où l'on est obligé d'atteler dix chevaux aux diligences, où les voitures versent sans que les carreaux se brisent dans la boue, tant la route est liquide.

M. ROUL. La route de Bordeaux à Bayonne, dans les grandes Landes, est abandonnée depuis quarante ans.

M. ARAGO. J'étais bien certain de ne recevoir sur ce point des dénégations d'aucune partie de la Chambre.

M. LEGRAND, *commissaire du roi*. Pas même de ma part ; je ne nie pas qu'il n'y ait quelques parties de route en mauvais état, mais ce sont là des points isolés et de pures questions d'argent.

M. ARAGO. Eh bien, il faut songer à cela. Les ingénieurs sous votre direction rendront au pays un service immense en s'occupant de l'amélioration de ces routes, qui sont en général les routes communes, les routes les plus usuelles, les plus habituelles.

Lorsqu'en 1822 on proposa à la Chambre la loi sur les canaux, un membre de la Chambre dit à M. le directeur général des ponts et chaussées : « Mais il me semble, M. le directeur, que vous présentez la loi à rebours : il faudrait s'occuper des rivières avant de s'occuper des canaux ; vos canaux seront très-peu utiles si vous ne travaillez pas d'abord à l'amélioration des rivières et des fleuves ! »

M. le directeur général répondit : « Cela est vrai ; mais si je demandais de l'argent pour les rivières d'abord, on ne m'en donnerait pas. C'est afin qu'on m'en donne pour les rivières que je commence par faire les canaux ! »

Les canaux sont faits ou à peu près faits, excepté ceux qui n'auront pas d'eau, et qu'on doit alimenter par des *puits artésiens*, comme on le disait l'autre jour. (Rire général.) La navigation étant interrompue dans les rivières, les canaux n'auront pas d'utilité. Il faut donc s'occuper des rivières. Et qu'on ne vienne pas dire que le corps des ponts et chaussées restera désœuvré et pourra se croiser les bras. Non ; il n'a qu'à s'occuper de cette question, à s'en occuper avec tout le savoir, tout le talent, toute l'activité que tout le monde connaît aux individus, aux personnes de cette administration, et l'on rendra d'immenses services au pays.

Mais à présent, on ne veut s'occuper que de ce qui marche vite ; on ne veut travailler qu'à ce qui vole avec une extrême rapidité.

Eh ! Messieurs, on peut aller très-vite sur les rivières, on peut y aller presque aussi vite que sur les

chemins de fer. Je vous dirai même qu'en Amérique la vitesse des bateaux à vapeur est égale à la vitesse moyenne des wagons, des locomotives. Il y a en Amérique, quoiqu'on y soit très-aventureux et très-dédaigneux des accidents qui peuvent arriver, il y a cependant des personnes qui ne veulent s'embarquer sur les chemins de fer qu'à la condition de ne pas sauter. C'est pour cela qu'on a imposé à certaines compagnies l'obligation de ne pas parcourir plus de six ou sept lieues à l'heure; or, les bateaux à vapeur, en Amérique, vont à peu près avec cette vitesse, avec la vitesse de six lieues à l'heure. Vous voyez donc que si vous perfectionnez la navigation à vapeur sur nos rivières, vous aurez résolu un problème de vitesse, puisque c'est la considération de la vitesse qui semble vous déterminer.

Sur les canaux, il y a aussi des problèmes très-dignes de l'attention la plus sérieuse de MM. les ingénieurs des ponts et chaussées.

Pendant très-longtemps on s'est arrêté à une vitesse mesquine, insuffisante sur les canaux; on s'est arrêté à cette vitesse, non par voie expérimentale, mais par des considérations théoriques. On avait cru que la théorie mettait certaines limites à la vitesse. Eh bien, cette vitesse a été énormément dépassée; elle l'a été à tel point que, sur des canaux que je pourrais citer, dans des localités favorisées, on parcourt cinq lieues à l'heure. Vous voilà bien près de la vitesse des chemins de fer; et, comme je le disais hier, les canaux ont des avantages d'une autre nature : ils servent à tout le monde; ils servent sur tous les points, et non pas seulement aux points de départ

et d'arrivée. Si vous leur donnez les avantages de la vitesse, vous aurez doté le pays d'un moyen de communication qui ne fera naître de difficultés dans l'esprit de personne; vous vous serez occupés encore d'une question de vitesse.

Vous voyez, je le répète, qu'il n'est pas exact de dire que si les ingénieurs des ponts et chaussées, en tant que corps constitué, travaillaient moins à l'exécution des chemins de fer, ils seraient condamnés à rester les bras croisés. Le corps des ingénieurs des ponts et chaussées a d'immenses travaux à faire; les rivières et les canaux sont deux champs d'expérience et de travail qui doivent tout à fait exciter son zèle et exercer sa sagacité.

J'arrive, Messieurs, à la question des compagnies. Y a-t-il des compagnies? N'avons-nous pas discuté sur un rêve? N'avons-nous pas fait à l'administration des difficultés qui n'auraient pas des fondements réels?

Je regrette de n'avoir pas eu, pour l'examen auquel je me suis livré, toute la perspicacité qu'un de nos honorables collègues aurait voulu trouver dans le rapporteur, la perspicacité d'un régent de la Banque; cette perspicacité, je ne l'ai pas, je le reconnais. Mais aussi dans l'examen que j'ai fait des registres des compagnies, n'ai-je pas eu besoin des connaissances d'un régent de la Banque; tout ce à quoi j'ai dû me borner, ç'a été de rechercher quelles étaient les classes de la société qui avaient souscrit, de rechercher si, dans les noms des souscripteurs, il n'y avait pas des noms que je connusse; quelle était la portion de la population qui s'intéressait à l'exécution des chemins de fer par les compagnies;

cette investigation était la seule que je pusse me permettre, la seule qui fût en mon pouvoir et à ma portée. Eh bien, je le dis, elle a donné les résultats les plus satisfaisants, et je vais les faire connaître à la Chambre.

Pour le chemin d'Orléans, une compagnie s'est formée. On ne dira pas qu'on a voulu faire de l'agiotage; il n'a pas été publié un article au nom de celui qui se présentait comme le principal soumissionnaire, pas un article n'a été inséré dans les journaux, pas une annonce n'a été affichée à la Bourse, et cependant 30 millions ont été réunis; la promesse formelle et avec signature de 30 millions, a été fournie.

J'ai vu toute la correspondance, j'ai vu le nom des souscripteurs, et je puis citer le nom du créateur de cette société : c'est M. Casimir Lecomte. Il a obtenu, je le répète, des promesses de souscriptions pour une somme de 30 millions dans le cercle des connaissances de ses amis, sans faire une annonce dans les journaux, sans faire une affiche à la Bourse. Cette souscription n'a pas été faite seulement à Paris. On vous a dit qu'il était désirable que les riverains du chemin s'intéressassent à sa confection. Eh bien, cette condition est ici remplie; vous trouverez dans la souscription dont je parle, des souscripteurs d'Orléans et d'Étampes, pour une somme de 2 millions, avec le regret formel exprimé dans les termes les plus vifs, de ce que M. Casimir Lecomte ne pouvait pas accepter des souscriptions pour une somme plus forte.

M. Casimir Lecomte a demandé 30 millions de souscriptions. Vous voyez que c'est une somme qui va bien

au delà de l'évaluation qui pour ce chemin avait été donnée par l'administration des ponts et chaussées. Peut-être que M. Casimir Lecomte se trompe, que les souscripteurs sont dans l'erreur; mais cela prouve qu'ils ont cru que les ingénieurs des ponts et chaussées avaient fait une évaluation trop faible.

Il y a pour ce même chemin d'autres souscriptions ouvertes chez des banquiers par MM. Gaillard, Rampon, Lemoine, Delchet; et pour le dire en passant, deux de ces personnes ont fait faire des études très-sérieuses sur cette ligne de Paris à Orléans, études qui n'ont pas été inutiles à l'administration des ponts et chaussées; car elle a profité de quelques améliorations qui avaient été indiquées par les ingénieurs de la compagnie.

La souscription est complète; je le tiens de notre honorable collègue M. Laffitte, qui me l'a déclaré, qui m'a dit que si ces souscriptions étaient insuffisantes, sa maison les remplirait.

Quant à Rouen et au Havre, il existe aussi une compagnie. Messieurs, je n'entends pas dire que l'administration doit admettre les compagnies dont je parle; mais on a dit qu'il n'y en avait pas; il faut que je dise ce que j'ai fait et examiné au nom de la commission. Ceci n'est pas, du reste, une recommandation pour les compagnies que je cite; il y en a peut-être d'autres qui sont meilleures, mais toujours est-il que celles-là existent, et qu'il y a des souscriptions formées. Pour le chemin de Paris à Rouen et au Havre, il y a sur les listes de souscriptions, des signatures de toute espèce, appartenant aux différentes villes que le chemin doit traverser. Les signatures de

banquiers de Paris les plus en réputation, de beaucoup de députés (j'ai parcouru les noms), de magistrats, d'hommes les plus haut placés dans la société, et qui se sont engagés pour des sommes considérables. La souscription est énorme dans cette direction, 71 millions! Eh bien, cette souscription est remplie de signatures; je ne dis pas que toutes se transformeront en écus; mais la grande masse est sérieuse; d'après ce que je puis savoir touchant les personnes qui se sont engagées, il y a toute raison pour croire que la souscription est bien fondée.

On a dit : En Angleterre il y a des possibilités qui n'existent pas en France. Les fortunes sont colossales, les propriétaires se prêtent à l'exécution des chemins de fer, tandis qu'en France ils s'y opposent.

On se trompe, Messieurs; en Angleterre, les grands propriétaires s'opposent à l'exécution des chemins de fer. Ils ne s'opposent pas, je le reconnais, à l'exécution des canaux, mais les chemins de fer leur déplaisent; ils cherchent à les éloigner de leurs demeures dans des circonstances que je suis loin d'approuver. Je citerai, à ce sujet, un fait qui est à ma connaissance personnelle.

Un de mes amis, qui porte un nom éminemment célèbre dans la mécanique, possède près de Birmingham un magnifique parc que devait traverser le chemin de fer, mais à une telle distance du château que je n'y voyais pas, quant à moi, d'inconvénient. Eh bien, mon ami a plaidé contre la compagnie, il a plaidé avec une telle persistance que les frais, quoiqu'il ait eu gain de cause, ont été de 70,000 fr. Voilà un des exemples de l'intérêt

qu'en Angleterre les grands propriétaires portent à l'exécution des chemins de fer.

Passons à une autre considération. En Angleterre, un petit nombre de personnes suffit pour remplir les plus larges souscriptions. C'est encore une erreur qui tombe devant les faits, devant la statistique. Examinez sur un total de 396 millions qui ont été réunis par les compagnies de chemins de fer, combien il y a de souscripteurs pour une somme de plus de 250,000 fr., vous n'en trouverez que 149 ; c'est 14 pour cent du total, et la moyenne de la souscription de ces 149 souscripteurs n'est que de 370,000 fr.

En France, pour le chemin de Paris à Rouen, combien y a-t-il de souscripteurs pour une somme au-dessus de 500,000 fr. ? Il y en a 9 ; de 401,000 à 500,000 fr., il y en a 6 ; de 301,000 à 400,000 fr., il y en a 4 ; de 201,000 à 300,000 fr., il y en a 14, et de 101,000 à 200,000 fr., il y en a 39 ; vous voyez avec quelle rapidité nous approchons du nombre des souscripteurs qui, pour la totalité des travaux de l'Angleterre, ont donné des sommes un peu fortes. Ne disons donc plus qu'il y a une différence énorme entre la nature des souscriptions anglaises et celles que nous pouvons espérer en France. Dans notre pays l'esprit d'association s'est assez développé, a déjà assez d'activité pour que vous puissiez espérer que les capitalistes prendront un intérêt très-vif à l'exécution de ces grands travaux.

Il y a une considération importante que vous ne devez pas perdre de vue, c'est la considération des fonds étrangers. Si le gouvernement fait les chemins, vous ne serez

pas aidés par un seul capitaliste étranger; si ce sont des compagnies, vous pouvez espérer que les fonds de nos voisins viendront concourir à l'amélioration de notre sol et de nos voies de communication, pour des sommes importantes. Dans la souscription pour le chemin de Paris au Havre, je trouve 8 millions de souscriptions venant de l'étranger; je trouve dans les départemens en dehors des chemins de fer, 3 millions, et sur la ligne du chemin de la Vallée, plus de 4 millions; pour les banquiers de Paris, 6 millions, et enfin, de négociants, d'agents de change, de rentiers de Paris, chacun avec sa signature, des engagements pour 49 millions. Les étrangers entrent dans le total pour une part très-considérable à laquelle il faudrait renoncer, si vous mainteniez le système, que les chemins de fer doivent être exécutés par le gouvernement.

Il y a une compagnie pour le chemin de fer de Paris à Tours, ce chemin n'était pas proposé par le gouvernement; il ne figure pas dans l'exposé des motifs; par conséquent je n'ai pas vérifié les registres de souscription.

Arrivons au chemin de Belgique pour lequel on a dit catégoriquement qu'il n'y avait pas de souscription; Messieurs, il y en a une ouverte à Paris, chez notre honorable collègue M. Fould, et qui est arrivée à 40 millions. A sa tête, comme gérants, comme soumissionnaires principaux, figurent des personnes honorables, MM. Blacque, Drouillard et Maurencq. Peut-on dire, dans les circonstances actuelles, avec l'opinion si prononcée du gouvernement contre la concession du chemin de Belgique à une compagnie, que ce soit peu de chose

d'avoir obtenu 40 millions en peu de jours, lorsqu'il est évident que les souscripteurs qui veulent avoir un placement réel doivent être retenus par la déclaration formelle du gouvernement. Qui oserait soutenir que le jour où le gouvernement, cédant à l'influence de la Chambre, déclarera que ce chemin sera exécuté par une compagnie, la souscription ne serait pas totalement remplie?

Un grand capitaliste étranger, un grand manufacturier, M. Cockerill, a été cité dans la discussion. M. le directeur général a déclaré qu'il ne l'avait pas vu récemment.

Puisque M. le directeur général l'a dit, le fait doit être vrai. Mais je ne crois pas que M. le ministre des travaux publics fasse la même réponse.

M. le Ministre des travaux publics. C'est vrai; je l'ai vu.

M. Arago. Eh bien, M. Cockerill a déposé une soumission le 12 avril, une soumission formelle, acceptable ou non acceptable, je ne décide rien; peut-être y a-t-il des modifications à faire; peut-être en demanderais-je si elle m'était présentée et si j'avais à l'apprécier comme membre de la Chambre; toujours est-il qu'il y a une soumission formelle.

Le fait cependant avait été nié; M. le président du conseil avait dit qu'il n'y avait pas de soumission pour le chemin de Belgique. Puisque le fait n'est plus nié maintenant, je ne lirai pas cette soumission dont un de nos collègues m'a donné copie.

M. Cockerill s'impose deux conditions auxquelles il ne demande pas mieux que de souscrire au gré du ministère, et qui doivent éloigner toute pensée d'agiotage, alors

même que le caractère de M. Cockerill ne serait pas une garantie suffisante de l'intention la plus prononcée d'exécuter le chemin de fer et de l'exécuter avec tout le soin possible. Ces conditions, les voici :

En cédant à la préoccupation très-juste, et à laquelle j'applaudis, qu'avaient fait naître les scandales de la Bourse, les scandales de l'agiotage, on a cru un moment que toute soumission était une spéculation et devait donner lieu à un agiotage effréné. Eh bien, M. Cockerill a pris soin de rassurer l'administration. Il lui a dit : « Si vous craignez qu'on ne veuille faire de ma soumission un objet d'agiotage, j'exécuterai le chemin de fer avec des fonds tous pris à l'étranger ; je ne prendrai pas un sou en France. » Cependant, comme le chemin de Belgique est un chemin qui doit donner des produits avantageux, il a ajouté : « J'accorderai aux capitalistes français le montant de la souscription que vous voudrez bien m'assigner ; ce sera le quart, la moitié ou les trois quarts, mais si vous craignez tellement l'agiotage que vous ne vouliez pas laisser exécuter le chemin avec des fonds français, je le ferai tout entier avec des fonds étrangers. »

S'agit-il de savoir à quel point est arrivée maintenant sa souscription ; M. Cockerill m'a fait savoir avant-hier qu'il avait déjà 104 millions de souscriptions conditionnelles, dont on justifiera au besoin ; mais toujours est-il que je suis loin de prétendre que vous deviez admettre cette soumission sans examen, sans discussion ; je voulais seulement prouver, contrairement à l'assertion de M. le président du conseil, qu'il existe au moins deux compagnies pour le chemin de Belgique.

Ce chemin de Belgique, qui est la pierre d'achoppement, examinons-le en face, et voyons au vrai ce qu'il faut en penser.

Hâtons-nous, nous dit-on, faisons le chemin de Belgique, ne perdons pas de temps; si nous perdons un instant, tout est fini.

Mais, est-ce que la Belgique s'est beaucoup préoccupée de ses communications avec la France? La Belgique s'est occupée d'elle-même, s'est occupée de ses relations intérieures, de ce qui la concernait, et non pas de ce qui concernait un pays voisin. Eh bien, faisons comme elle; imitons la Belgique en ce point, occupons-nous de nos intérêts, de nos intérêts les plus vifs, et ne nous préoccupons pas de ce que peut faire la Belgique; vous allez voir que là on nous a présenté des difficultés qui s'évanouissent lorsqu'on les examine de front.

Je disais que la Belgique n'avait pas beaucoup songé à ses communications avec la France. En effet, il n'y a rien de commencé dans la direction de Gand et de Bruxelles à notre frontière.

A entendre les orateurs qui ont parlé dans le sens du gouvernement, on aurait pu croire que de notre frontière on allait toucher de la main les chemins belges. Eh bien, on n'y a pas encore travaillé. On fait un chemin d'Ostende à Bruxelles et de Bruxelles à Liége; les autres n'ont pas été faits. On a présenté comme fait un chemin qui doit aller de Bruxelles à Aix-la-Chapelle, et cependant il n'y a presque rien d'exécuté; je m'en suis informé; et c'est si vrai, que les ingénieurs belges étaient encore, il y a peu de temps, dans la forêt d'Aix-la-Cha-

pelle à chercher la direction dans laquelle passerait le tunnel. Il n'y a donc pas de chemin avancé, il n'y a pas même de projet arrêté.

Hâtons-nous cependant de faire le chemin de Belgique, car je demande qu'on fasse les chemins de fer le plus promptement possible ; mais qu'on ne vienne pas nous prêcher l'urgence, lorsque les Belges n'ont rien fait dans les directions de Gand et de Bruxelles à la France.

M. le ministre des travaux publics vous a dit que l'an dernier il avait abandonné les idées qui le maîtrisaient, qu'il professe encore cette année, afin de se conformer à l'opinion présumée de la chambre. Il croyait l'an dernier, avant de présenter la loi, que le gouvernement ne devait laisser faire les chemins que par des compagnies; et il lui paraissait tellement urgent de faire les chemins de fer, que, contre ses principes, contre ses convictions, il avait proposé de faire faire le chemin de Belgique par une compagnie.

Mais il a été articulé ici, par l'honorable M. Berryer, un fait très-grave sur lequel il semble qu'il est nécessaire que le gouvernement s'explique. Est-il vrai que le gouverment a eu la pensée de doter le pays de chemins de fer avec une telle vivacité, qu'il ait abandonné toutes ses convictions, et dans ce cas comment se fait-il qu'il n'ait pas fait disparaître la seule difficulté, j'ose le dire, qui l'année dernière a empêché de concéder le chemin de la Belgique à M. Cockerill? Cette difficulté, c'était la subvention ; tout le monde se rappellera que c'était parce que le gouvernement proposait de donner vingt millions à M. Cockerill, que la Chambre rejeta le chemin.

Eh bien, avant la fin de la discussion, M. Cockerill présenta au ministère une déclaration telle que, avec une modification du tarif, il consentait à renoncer aux vingt millions. Or, cette modification n'a pas été communiquée à la Chambre. Je demande d'après cela s'il est bien vrai que l'année dernière le gouvernement ait voulu à tout prix, même contre ses convictions, doter la France d'un chemin de fer?

On nous a dit que si nous ne faisions pas promptement le chemin de Belgique, la Belgique *se dégoûterait!*

Se dégoûterait! et de quoi? Comment! la Belgique se dégoûterait? Est-ce nous qui sommes un allié incommode pour la Belgique? Comment! elle est envahie par les Hollandais, et aussitôt une armée française vient à son secours; une de ses villes est dans les mains de ses ennemis, et nous faisons le siége de la citadelle, et nous nous en emparons pour la restituer à la Belgique! Des bûcherons hollandais paraissent dans une forêt, et M. le ministre de la guerre de France nous a déclaré qu'il n'a pas dormi pendant toute une nuit en entendant le bruit des bûcherons; et la Belgique se dégoûterait de nous? (Rires d'assentiment.)

Il y a des personnes en France qui se serviraient avec plus de raison de l'expression de M. le comte Molé, en l'appliquant à la Belgique. Que fait-elle pour nous la Belgique? A-t-elle essayé de mettre un terme à cette fabrique de contrefaçon qui, à Bruxelles, opère la ruine de tout notre commerce de librairie? Quelle est la concession qu'elle nous a faite? Le ministère, dans des vues auxquelles j'applaudis, a cherché à établir un contrat entre

toutes les nations de l'Europe pour que cet inqualifiable brigandage cessât d'exister. Je n'ai pas entendu dire que la Belgique se montrât très-empressée à entrer dans cette coalition honorable, dans cette coalition littéraire et scientifique que toutes les nations de l'Europe paraissent disposées à former contre de véritables forbans. L'Angleterre, à cet égard, s'est montrée très-libérale; mais, quant à la Belgique, elle continue son système d'exploitation, au détriment de notre commerce, de notre librairie; et d'ici à peu de temps, pour peu que les choses continuent sur ce pied, vous verrez toute notre librairie complétement ruinée. (Nombreuses marques d'assentiment.)

La Belgique se dégoûtera, si nous ne lui faisons pas un chemin de fer! Quel est donc son intérêt?

Le transit? Mais si nous le prenons comme le gouvernement avait voulu l'envisager, sous un point de vue restreint, le transit est sans importance et la Belgique ne se dégoûtera pas pour cela. Si vous l'envisagez sous le rapport de l'influence qu'il exercera sur les ports de mer, vous ne devez pas le favoriser; car ce sera tout au profit de la ville d'Anvers, et par conséquent au détriment de nos ports de la Manche, au détriment du Havre, de Dunkerque, de Calais et de Boulogne. Si donc c'est dans la vue de favoriser ce transit que vous exécutez le chemin de fer de Paris à la frontière de Belgique, je dis que la Chambre ne doit pas s'associer à vos vues.

Les voyageurs? Eh! mon Dieu, quand ils auront dépassé la frontière belge, je serais étonné que le gouvernement belge leur portât une telle tendresse, une telle sollicitude, qu'il se fâchât contre nous, si nous ne les fai-

sions pas voyager jusqu'à Paris sur un chemin de fer. Ils nous abandonneront ! et où iront-ils donc ? peut-être au lieu de venir entendre l'Opéra de Paris, ils iront à l'Opéra de Cologne. ( Rires et bruits. ) Je ne crois pas que nous ayons rien de pareil à redouter.

Messieurs, examinez la question, examinez-la sous toutes ses faces ; examinez quel est l'intérêt que la Belgique peut avoir à ce que vous exécutiez tout de suite le chemin de fer de Paris à la frontière belge, et vous verrez que cet intérêt est très-minime pour elle. Et cela est si vrai que, quand on interroge les Belges sur l'importance de ce chemin, ils vous répondent qu'ils ne la comprennent pas.

Depuis que la question est en discussion, nous avons voulu savoir, puisque le gouvernement ne s'expliquait pas avec plus de clarté, ce qu'il y avait au fond de la question, et ceux d'entre nous qui ont des relations avec la Belgique ont écrit dans ce pays pour connaître l'opinion des Belges eux-mêmes. La réponse a été à peu près unanime : on a dit qu'on ne savait pas où était la question intéressante qui se trouvait au fond d'une proposition que le gouvernement faisait si grosse d'importance ; qu'on ferait bien d'avoir un chemin de la frontière belge à Paris, mais que ce n'était pas là un objet qui les intéressât à tel point qu'ils se brouillassent avec nous, si nous ne l'exécutions pas.

Au surplus, quand il serait vrai que la Belgique pût se dégoûter de son alliance avec la France, dans le cas où nous ne ferions pas le chemin de fer, nous pouvons répondre que nous ne voulons pas la priver de ce chemin de

fer. Est-ce qu'un chemin de fer exécuté par une compagnie ne portera pas les voyageurs, comme s'il était exécuté par le gouvernement? Est-ce qu'un chemin de fer exécuté par une compagnie ne portera pas les marchandises comme s'il était exécuté par le gouvernement? Toutes les propriétés du chemin de fer exécuté par le gouvernement sont applicables au chemin exécuté par les compagnies (Approbation à gauche.), et par conséquent la Belgique ne se dégoûtera pas, pour revenir encore une fois sur cette expression, puisque la commission propose de faire exécuter le chemin de fer : seulement elle ne croit pas que le gouvernement doive l'exécuter, quand il y a des compagnies qui se présentent, et j'espère avoir prouvé qu'il y en a.

En résumé, Messieurs, la commission a reculé surtout devant des considérations financières : elle n'a pas trouvé que les voies et moyens proposés par le gouvernement fussent en rapport avec l'immensité des projets qui étaient présentés ; elle n'a pas trouvé que les voies et moyens dont a parlé M. le ministre des finances, assurassent l'exécution des chemins de fer ; par conséquent, je viens en son nom persister dans ses conclusions. (Approbation à gauche.)

[Après une réponse de M. Martin (du Nord), ministre des travaux publics, le projet du gouvernement a été mis aux voix et rejeté par 196 voix contre 69.]

## V

### SUR LES PENTES DES CHEMINS DE FER

[A l'occasion de la discussion du projet de loi sur la concession du chemin de fer de Paris à Rouen, dans la séance de la Chambre des députés du 16 juin 1840, M. Arago a été conduit à prononcer quelques paroles sur les difficultés que les pentes des chemins de fer peuvent faire naître. Nous extrayons ses paroles du *Moniteur* du 17 juin.]

On a parlé des difficultés de sortie de Rouen, on a parlé de pentes excessives, des difficultés que ces pentes pourraient faire naître. Messieurs, la science des chemins de fer a fait de tels progrès que l'on peut évaluer les vitesses à la montée et à la descente avec une approximation qui donne exactement les chiffres des dixièmes.

Je suppose que vous marchez horizontalement avec une vitesse de 10 lieues à l'heure. Voyons ce qui arrivera en montant.

Avec une pente de 1 millimètre 1/2, un train de 50 tonnes vous donnera une vitesse de 9 lieues; avec une pente de 2 millimètres, la même machine vous donnera une vitesse de 8 lieues.

Avec une pente de 7 millimètres, et M. le secrétaire général des ponts et chaussées vient de me dire que la pente pour le chemin, au sortir de Rouen, n'excédera pas 5 millimètres; avec une pente de 7 millimètres, la vitesse ne sera réduite qu'à 6 lieues.

Je suppose que la machine continue à fonctionner, et que par un mouvement descendant elle agisse sur les wagons comme elle agissait sur le train en montant.

Horizontalement vous avez toujours la vitesse de 10 lieues; avec une pente de 1 millimètre 1/2, vous aurez 11 lieues; avec 2 millimètres de pente, 12 lieues; avec 6 millimètres de pente, 16 lieues. Remarquez bien que dans ces calculs les limites demandées pour les wagons ne sont pas dépassées.

On voyait un corps tomber de l'atmosphère avec une vitesse prodigieuse et l'on avait pensé qu'un wagon tomberait avec la même rapidité.

On avait négligé une chose importante et capitale, la résistance de l'air. M. de Pambour, dont le nom fait autorité en cette matière, a fait des expériences, il a déterminé quel était le maximum possible des vitesses d'un chemin très-incliné, et vous allez voir que ce maximum est toléré sur les chemins horizontaux.

Supposez que vous abandonniez un train de 100 tonnes à lui-même; avec 5 millimètres de pente vous aurez une vitesse qui ne dépassera pas 10 lieues. Supposez que vous abandonniez des wagons sur une pente de 7 millimètres, vous n'aurez jamais une vitesse supérieure à 14 lieues. Supposez enfin que vous abandonniez un train de 100 tonnes sur une pente de 10 millimètres, vous n'aurez jamais une vitesse plus grande que 19 lieues. Or, cette vitesse est tolérée sur un terrain horizontal. Par conséquent, vous n'avez pas plus de sujet de crainte sur une pente de 10 millimètres que sur un chemin horizontal.

J'espère que ces chiffres feront disparaître les préjugés de dangers extraordinaires qu'on prêtait aux pentes des chemins de fer.

[Dans la séance du 15 juillet 1844, à l'occasion de la discussion du projet de loi sur le chemin de fer d'Orléans à Bordeaux, M. Arago est revenu sur la question des pentes des chemins de fer. Nous reproduisons les paroles qu'il a prononcées pour appeler l'attention sur les économies que procurerait l'adoption de pentes plus fortes que celles admises par l'administration.]

M. Arago. J'ai cru entendre tout à l'heure M. le ministre des travaux publics dire qu'il n'y avait sur le chemin de Bordeaux aucune difficulté de tracé. Je lui demanderai alors d'avoir la bonté de m'expliquer la circonstance suivante. Il y a un promontoire entre Libourne et Bordeaux, entre la Dordogne et la Garonne. Ce promontoire, il faut le franchir pour aller d'une rivière à l'autre. L'ingénieur qui a été chargé de ces travaux a suivi les errements de M. le ministre, qui ne voulait pas dépasser une pente de 3 millimètres. Eh bien, il en est résulté que la dépense pour cet intervalle de 12 kilomètres sera de 16 à 18 millions.

M. le ministre des travaux publics. Pour la totalité de la dépense à la charge de l'État, la voie de fer comprise.

M. Arago. Il en résulterait que le kilomètre coûterait 500,000 fr. à peu près. Lorsqu'on songe que, dans ces intervalles, il n'y a pas de terrains d'une haute valeur, qu'il y a très-peu de propriétés bâties; cette dépense est énorme. Je demande si, lorsqu'on a dit qu'il n'y avait pas de difficulté sur le tracé, on a toujours entendu que la pente serait de 3 millimètres.

M. le ministre des travaux publics. La pente proposée est de 3 millimètres; mais il y a des terrains très-marécageux, c'est la plus grande cause de la dépense.

M. Arago. Le terrain marécageux, à raison du tracé sur une pente de 3 millimètres, exige des aqueducs.

M. LEGRAND. Il faut en faire partout pour l'écoulement des eaux.

M. ARAGO. Je demande si l'on s'est déterminé dans ce projet pour une pente de 3 millimètres.

M. LEGRAND. Non.

M. ARAGO. Vous avez donc modifié votre projet?

M. LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS. Il y a deux projets, l'un coûterait 11 millions et l'autre 16 millions.

M. ARAGO. Seize millions! Dans l'un on passerait par le bec d'Ambez, dans l'autre on aborderait directement. Dans l'un et l'autre projet il en coûterait 16 millions. (Non! non!) Cette dépense est énorme.

M. LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS. Je puis donner satisfaction à l'honorable M. Arago; nous pouvons atteindre au but d'une manière moins dispendieuse en admettant des pentes de 8 millimètres.

M. ARAGO. Vous feriez une économie d'un quart, si vous alliez seulement à 7 millimètres.

## VI

### NÉCESSITÉ DE SOUMETTRE A L'EXPÉRIENCE LES NOUVEAUX SYSTÈMES DE CHEMINS DE FER

[Dans la discussion du projet de loi relatif au chemin de fer de Paris à Strasbourg, le 2 juillet 1844, M. Arago avait présenté l'article additionnel suivant :

« Le ministre des travaux publics est autorisé à accepter la proposition qui lui a été soumise par la compagnie des canaux de Paris, de faire sur la berge droite du canal de l'Ourcq, de Paris à Bondy, et sous l'inspection des ingénieurs des ponts et chaussées désignés à cet effet par le gouvernement, un essai du système atmosphérique combiné avec le système de voitures articulées de M. Charles Arnoux.

« L'expérience devra être complétée avant l'ouverture de la prochaine session.

« Les dépenses relatives à cette expérience resteront à la charge

de cette compagnie, si elle devient concessionnaire de la ligne de l'Est.

« Dans le cas contraire, le montant de ces dépenses, réglé par les ingénieurs du gouvernement, sera remboursé à la compagnie des canaux de Paris, soit par la compagnie adjudicataire de ladite ligne, soit par l'État s'il reste chargé de son exploitation. »

M. Arago a développé son opinion dans le discours suivant : ]

Messieurs, depuis quelques semaines on a beaucoup parlé à cette tribune, de compagnies, d'agiotage, de la puissance financière du gouvernement, de la puissance financière des associations, de la direction générale à donner à tel ou tel chemin de fer. Ces questions sont épuisées.

Mon point de vue est entièrement différent. Je désire porter l'attention de la Chambre sur la partie technique du problème ; j'examinerai si les conditions de tracé que l'administration s'impose, sont en harmonie avec l'état actuel de l'art et de la science ; s'il n'y a pas, sous ce rapport, plus d'un anachronisme à signaler dans les prescriptions qui aujourd'hui servent de règle à nos très-habiles ingénieurs.

Mes remarques pourront paraître tardives. Peut-être, néanmoins, leur accordera-t-on quelque attention, si je parviens à prouver que sans changer en rien les tracés généraux adoptés, les modifications que je proposerai dans les détails de construction et dans les systèmes, produiraient seulement sur les terrassements et les ouvrages d'art relatifs aux 4,000 kilomètres de chemins projetés, une économie de 200 à 300 millions. (Mouvement d'étonnement et d'hilarité.)

Je sais que j'ai à justifier ce chiffre ; je n'y manquerai

pas. Aussi, je me permettrai de dire en ce moment, rira bien qui rira le dernier.

La considération d'économie n'est pas la seule que je veuille invoquer. Les développements auxquels je vais me livrer, démontreront, j'espère, que le mot *impossible* ne sera plus une réponse valable aux demandes des députés qui, comme l'honorable M. Boudousquié, viendront à cette tribune solliciter des chemins de fer pour les régions montueuses du territoire. Si je n'ai pas gazé ce qu'il y a d'étrange dans mon thème, c'est que je suis certain d'aller jusqu'à la démonstration.

Je crois que nous avons suivi une mauvaise marche en votant les lois sur les chemins de fer, et le reproche s'adresse bien plus à nous députés qu'au gouvernement; je crois que nous n'aurions pas dû commencer tant de chemins à la fois; je crois qu'il aurait été sage, pour ne pas engager l'avenir, de porter toutes nos ressources sur un seul chemin, de l'achever et de n'en entreprendre un second que quand le premier serait arrivé à son terme. De cette manière, vous auriez pu profiter des progrès de l'art et de la science.

Mais est-il vrai que les progrès de l'art de la locomotion à la vapeur soient aussi rapides qu'on le prétend? Si vous consentez à m'écouter pendant cinq à six minutes, vous verrez ce qu'était l'art il y a quelques années et ce qu'il est aujourd'hui; vous reconnaîtrez qu'aucune branche de la mécanique ne s'est jamais développée avec autant de vigueur et de sûreté.

Les machines à vapeur n'ont été, pendant longtemps, que des pompes d'épuisement, des pompes destinées à

élever de l'eau ; on les appelait alors pompes à feu. On n'a guère commencé à songer à la transformation de ces machines en moteurs, que dans l'année 1769. Cette idée, comme tant d'autres sur la matière, appartient à Watt.

Vous serez étonnés, j'ajoute même sans crainte de me tromper, que vous serez satisfaits d'apprendre que l'idée d'employer une machine à vapeur comme moteur d'une voiture, est née dans notre pays; qu'elle y a été réalisée dès l'année 1778. On ignore généralement ce fait, ou on ne s'en vante pas assez; disons-le tout haut à cette tribune, la première voiture locomotive a été exécutée en France. Malheureusement son auteur, M. Cugnot, officier du génie, la destinait aux chemins ordinaires, et ce fut là peut-être l'unique cause de l'insuccès. La machine, on la conserve dans la grande salle du Conservatoire des arts et métiers, était loin de manquer de puissance; elle en avait même trop.

Dans un essai fait à l'Arsenal, on ne sut pas la modérer; la machine se précipita contre un mur et le renversa.

De 1778 à 1802 il ne se fit rien d'utile sur la locomotion à la vapeur. En 1802, un ingénieur anglais, dont le nom occupe une place assez considérable dans l'histoire des machines à vapeur, Trevithick exécuta une véritable locomotive, mais en partant d'une idée fausse qui eut une influence fatale sur les progrès de l'art. Trevithick croyait qu'une roue unie ne pourrait pas monter sur des rails unis. Il plaça donc des clous sur les jantes; il fit des rainures sur les rails plats dont il se servait. Les rails se détérioraient dans un temps fort court, aussi bien que les jantes. La machine fut abandonnée.

Toujours préoccupés de l'idée qu'une roue lisse ne réussirait pas, les constructeurs recoururent aux engrenages. En 1811, nous voyons un ingénieur, Blenkinsop, placer une crémaillère intérieure sur le bord du rail, et marcher à l'aide d'une roue dentée que la machine mettait en mouvement. Le moindre glissement rendait l'engrenage vicieux dans les grandes vitesses. Ce fut encore une idée avortée.

Chapman plaça, sans plus de succès, une chaîne dans le milieu de la voie. Brunton, en 1813, construisit une voiture qui portait à l'arrière un mécanisme semblable aux jambes du cheval, et qui agissait comme elles.

Enfin, en 1814, Blackett imagina qu'il pouvait y avoir erreur dans l'idée que des corps lisses ne sauraient prendre leur point d'appui l'un sur l'autre; il fit une expérience, et il découvrit qu'il y a un véritable engrenage, plus intime qu'on ne le croyait, entre les corps que nous appelons unis ; que ces corps sont couverts d'aspérités et de cavités qui s'emboîtent les unes dans les autres, qui produisent ce qu'on a appelé depuis un engrenage naturel, un engrenage à l'aide duquel on pourrait faire marcher une voiture à jantes lisses sur un rail non denté.

Voilà le point capital d'où l'on est parti pour arriver aux admirables locomotives que tout le monde connaît.

Le père du très-célèbre ingénieur Robert Stephenson est le premier qui ait exécuté avec succès des machines locomotives en profitant des expériences de Blackett. Ces machines traînaient des poids considérables, l'engrenage naturel suffisait pour cela ; mais on ne pouvait obtenir de grandes vitesses.

Lorsqu'en 1825, à l'époque où l'on s'occupait du chemin de Liverpool à Manchester, chemin qui, par parenthèse, n'était guère projeté que pour transporter des marchandises; lorsqu'en 1825 le président de la commission d'enquête de la chambre des communes, demanda à George Stephenson s'il espérait qu'on pourrait exécuter une machine locomotive marchant avec la vitesse de deux lieues à l'heure, il imaginait avoir posé une question extraordinaire; le mécanicien répondit affirmativement. Le président, enhardi, répéta la question, mais en parlant cette fois d'une vitesse de quatre lieues à l'heure. Stephenson répondit encore que oui, mais de manière à dégoûter d'aller plus loin. Quatre lieues à l'heure semblaient les limites de l'art.

Vous savez que, sur le chemin de Londres à Bristol, on a parcouru, un jour d'expérience, jusqu'à 25 lieues à l'heure.

Je n'ai plus que deux ou trois faits à citer pour épuiser cette première partie de la question.

Quelle était la circonstance qui déterminait George Stephenson à fixer si bas la vitesse maximum des locomotives? C'est qu'en marchant avec beaucoup de rapidité, il devenait nécessaire d'avoir une chaudière énorme pour suffire à la consommation considérable de vapeur que la machine faisait.

Se transporter elle-même était alors le maximum d'effet de la machine; elle ne pouvait entraîner à sa suite ni voyageurs ni marchandises : le problème de la locomotion rapide n'était pas résolu.

Tout en restant scrupuleusement fidèles à la vérité dans

cet aperçu historique, ne laissons pas nos voisins s'attribuer la chose peut-être la plus capitale que renferment les locomotives, au détriment d'un Français ; l'invention dont je veux parler appartient à M. Séguin.

Le fait est parfaitement reconnu aujourd'hui ; un brevet est d'ailleurs là pour le prouver sans réplique ; c'est M. Séguin qui le premier a très-ingénieusement trouvé le moyen de construire des chaudières d'un poids et d'une dimension médiocres, à l'aide desquelles cependant on pût fournir à la consommation énorme de vapeur qu'exigent les locomotives rapides.

Ce moyen, le voici en deux mots.

On avait, avant M. Séguin, imaginé des chaudières tubulaires, des chaudières composées d'un très-grand nombre de cylindres remplis d'eau et autour desquels circulait la flamme provenant du foyer.

M. Séguin, sans changer matériellement la forme de l'appareil, lui a donné de nouvelles propriétés ; il a placé l'eau où était jadis la flamme, et la flamme dans les tubes qu'occupait l'eau. Tel est l'artifice qui a rendu possible et avantageuse la locomotion rapide.

Ainsi, Messieurs, ne vous laissez pas fasciner par tous les noms anglais qu'on lit sur les locomotives ; quand vous voyez passer une de ces admirables machines, dites-vous sans scrupule, dites-vous hardiment : Ce qu'elle renferme de plus capital est l'œuvre d'un compatriote. (Très-bien !)

Souffler le feu était aussi un moyen d'augmenter la production de vapeur.

Deux moyens se présentaient : on pouvait ou bien

mettre derrière la machine un véritable soufflet, mais cela eût absorbé une portion notable de la force motrice ; ou bien déterminer un fort tirage dans la cheminée.

C'est un physicien français, M. Pelletan, qui, le premier, a pensé à produire ce tirage en lançant dans la cheminée la vapeur qui vient de produire son effet dans les cylindres.

Robert Stephenson, dont vous voyez figurer le nom dans presque toutes les compagnies de chemins de fer, est un mécanicien d'un mérite éminent. Il a beaucoup contribué au perfectionnement des locomotives par une foule de combinaisons bien entendues, mais au fond elles n'offrent aucun organe mécanique nouveau.

L'ère capitale des chemins de fer a commencé en 1830 : c'est à partir de 1830 qu'on arriva, sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester, à donner aux locomotives une rapidité inespérée, à l'aide de la chaudière de M. Séguin et des combinaisons mécaniques de M. Stephenson.

Depuis on a fait plus ; et, j'en demande pardon à l'administration, ce plus on n'en tient pas assez compte.

En 1840, on est arrivé, par un artifice aussi simple qu'il est ingénieux, à réduire de moitié la consommation des locomotives. Le combustible qu'on brûle actuellement est la moitié de celui qu'on brûlait en 1830 pour une force égale. Ce résultat a été obtenu par l'emploi de la détente.

La détente fournit encore le moyen de donner à la machine une force variable, sans qu'il soit nécessaire de modifier l'élasticité de la vapeur dans la chaudière, sans courir les risques d'explosion. Remarquez cela, Messieurs,

car je vais en tirer parti pour arriver à l'économie de tracé dont je parlais en débutant.

Je ne dirai rien des rails; les modifications de poids qu'on leur a fait subir ne doivent pas figurer dans cette discussion.

J'arrive aux pentes. Ici on a marché longtemps à tâtons. Le conseil des ponts et chaussées adopta, sinon une règle explicite, du moins une sorte de charte tacite, fondée sur des considérations qui, vraies, mathématiquement parlant, péchaient par un point capital : c'est qu'on n'avait pas tenu compte de toutes les conditions physiques du problème.

Ainsi, naguère on aurait regardé comme un mauvais tracé celui où il se serait trouvé des pentes de plus de 3 ou 4 millimètres par mètre.

Ces limites avaient été introduites par la considération de ce qu'on appelle en mécanique l'angle de frottement. C'est sans doute une chose intéressante que l'angle de frottement, mais, dans la question, mieux valait une expérience. Or l'expérience a montré qu'on pouvait tolérer, non-seulement des pentes de 5, de 6, mais même des pentes de 10 à 12 millimètres par mètre.

Vous trouverez dans un rapport récent de l'ingénieur Brunel fils, ces paroles catégoriques :

« Le temps est passé où les ingénieurs croyaient que des pentes de 10 millimètres étaient dangereuses. »

Je viens de prononcer le mot *dangereux;* deux mots expliqueront pourquoi des pentes de 10 millimètres semblaient dangereuses.

La théorie nous apprend que si un corps qui descend

dans le vide, par l'action de la pesanteur, parcourt un espace 1 dans la première seconde de sa chute, il parcourra un espace 3 dans la deuxième seconde, un espace 5 dans la troisième, et ainsi de suite.

Dès qu'une pente a une grande étendue, on arrive, d'après cette série, à des vitesses finales très-considérables. Il fallait donc proscrire les pentes. Mais on avait oublié un point essentiel, on avait oublié l'action d'un frein toujours présent, toujours agissant, d'un frein qui ne saurait casser : ce frein, c'est l'atmosphère ; on n'avait pas tenu compte de la résistance de l'air, qui, croissant avec rapidité, finit par faire équilibre à l'action accélératrice de la pesanteur ; on n'avait pas songé qu'un train de voitures glissant sur une pente de 10 à 12 millimètres devait arriver à une vitesse uniforme, et que, tout compte fait, cette vitesse serait inférieure aux vitesses qu'on tolère sur les lignes horizontales. Or, qui ne voit que pour les voyageurs le danger dépend de la vitesse absolue, soit qu'elle provienne de la déclivité du chemin ou de l'action de la machine?

L'administration des ponts et chaussées s'est un peu relâchée, quant aux pentes, de cette rigueur extrême, mais elle n'a pas marché aussi vite que la science et l'art. Au premier coup d'œil il peut sembler peu important d'adopter des pentes de 5, de 6 ou de 7 millimètres. Mais ces différences linéaires, en apparence si petites, correspondent dans le budget à des différences représentées par des millions. En Angleterre, on accorde sans aucune difficulté des pentes de 10 millimètres. Ici l'administration ne va jusque-là que dans des cas spéciaux et très-rares. Les

ingénieurs, lorsqu'ils présentent leurs projets à l'administration, sont parfaitement accueillis s'ils n'ont admis que des pentes très-faibles et des rayons de courbure très-grands : celui qui aurait résolu le problème en recourant aux pentes adoptées sans difficulté en Angleterre, craindrait des reproches. Cet état de choses est fâcheux; nos finances en souffrent considérablement.

Après les pentes viennent les courbes. Permettez-moi d'en dire quelques mots.

Les courbes sont une cause active de détérioration des chemins, et une cause incessante de dangers. Sur une courbe, la force qu'on appelle centrifuge tend à faire sortir les wagons de la voie; ceux-ci ne sont retenus que par un bourrelet intérieur : l'existence du frottement du bourrelet sur le rail n'est que trop bien attestée par la quantité de limaille de fer qu'il engendre.

On a découvert un moyen certain d'éviter ces inconvénients, à l'aide d'une nouvelle liaison établie entre les voitures et les rails. Ce moyen est déjà ancien, et l'administration ne l'a jamais eu en vue dans aucun de ses tracés. Cependant il avait été examiné très-sérieusement par une commission de l'Académie des sciences. Quand il s'agit de la vie des hommes surtout, les commissions y regardent à deux fois; son rapport, nonobstant cela, fut entièrement favorable. J'en dirai autant du rapport d'une commission d'inspecteurs des ponts et chaussées, qui avait pour organe M. Lefebvre, un des ingénieurs les plus distingués dont notre pays puisse s'honorer.

L'expérience aussi avait prononcé. Elle avait été faite sur une grande échelle à Saint-Mandé. Dans les essais

successifs, l'espace total parcouru n'était pas resté au-dessous de 300 à 400 lieues. Pour les courbes, on était descendu aux plus extrêmes limites. Je me rappelle avoir circulé à Saint-Mandé, avec un convoi, sur une courbe de 18 mètres de rayon. Eh bien, je ne sais pas si l'administration adopterait une courbe de moins de 800 mètres.

A quels résultats financiers ces différences dans les courbes et dans les inclinaisons peuvent-elles conduire? Vous allez le voir.

Il a été question, dans la discussion du chemin de Paris à Strasbourg, de la partie qui va de Paris à Château-Thierry. Devinez à quelles conditions cet espace est franchi? La Marne est traversée sept fois. Il faudra donc sept ponts, et chaque pont coûtera en moyenne quatre à cinq cent mille francs.

M. Dozon. 100,000 fr.!

M. Arago. Si vous dites vrai, les ponts seront construits très-économiquement. La vallée sera partiellement barrée sept fois; il en résultera dans les crues un changement dans le régime des eaux qui probablement donnera lieu à des réclamations fondées.

Sortez maintenant de ces conditions rigoureuses; permettez-vous des pentes semblables à celles qui sont admises en Angleterre; de l'ordre des pentes que les ingénieurs les plus prudents, que M. Cubitt ne craint pas d'adopter dans ses tracés; des courbes analogues aux courbes que le système articulé de M. Arnoux comporte, combien de fois traverserez-vous la Marne avec un développement d'à peu près la même longueur? Une fois, pas davantage.

Vous le voyez, Messieurs, il est temps, grandement temps, de s'occuper de tout ce qu'il y a de possible, de raisonnable, d'acceptable dans le tracé des chemins de fer.

Les pentes limites que l'administration des ponts et chaussées admet aujourd'hui, les courbes en deçà desquelles elle ne consentirait pas qu'aucun tracé fût établi, étaient peut-être naturelles il y a quelques années; elles ne sont plus défendables à présent. L'expérience a prononcé; on peut opérer hardiment sur une plus large échelle. Notre budget en sera considérablement allégé.

J'ai consulté plusieurs ingénieurs pour savoir quelle économie résulterait de l'adoption de nouvelles courbes et de nouvelles pentes largement acceptables. Leur décision a été unanime. On a porté, en moyenne, l'économie sur les terrassements et les ouvrages d'art à 50,000 fr. par kilomètre. Vous avez décrété l'exécution de 4,000 kilomètres de chemins de fer; à 50,000 fr. d'économie par kilomètre, cela fait 200 millions, et je n'ai pas atteint, tant s'en faut, tous les avantages qui résulteraient des courbes de M. Arnoux.

Je sais bien qu'on me dira : Si vous avez des pentes considérables, il faudra que les machines partent des gares avec toute la force qu'elles devront avoir dans les points difficiles. Dans les parties de niveau, il y aura donc une grande perte de force; vous vous servirez, passez-moi l'expression, d'un cheval de renfort pour toute la route, tandis que vous n'en auriez vraiment besoin que là où il existerait un surcroît de pente.

L'objection est spécieuse; mais en pareille matière il

faut toujours recourir à l'expérience. Or l'expérience a montré que la machine ne part jamais avec une pleine charge; elle a toujours un excédant de force. Cette force excédante, vous pourriez l'employer à franchir des pentes fort supérieures à celles que vous admettez.

Cela s'est réalisé dans tous nos chemins. Y a-t-il dans les lignes qui nous entourent quelque chose de plus dissemblable que le chemin de Saint-Germain et le chemin de Versailles? L'un est presque de niveau; dans l'autre il y a des pentes sensibles. Les frais de locomotion y sont cependant à peu près les mêmes.

Voilà une première réponse. Il en est une autre qui me sera fournie par ce que j'ai dit des progrès qu'on a faits depuis 1840 sur le meilleur emploi de la vapeur motrice.

Quelquefois, pour franchir une grande pente, on augmente la force des machines en chargeant les soupapes, en donnant plus de force élastique à la vapeur; mais le moyen est dangereux; il peut y avoir une explosion.

Ce danger n'existe pas si on fait varier la force de la machine par voie de détente.

Les travaux d'art et les terrassements forment sur tous les chemins une part considérable de la dépense totale. Sur un développement de 92 kilomètres, dans la première section du chemin de fer de Strasbourg, la dépense de terrassements, de souterrains et des travaux d'art est de 16 millions. Dans la deuxième section, sur une longueur à peu près égale, la même dépense est de 4 millions.

Mettez de côté les conditions léonines qui vous dirigent, et vous arriverez à des différences insignifiantes entre la première et la deuxième section.

Je citerai un autre exemple : Le chemin de Malaunay à Dieppe.

Avec les courbes et les pentes officielles, la dépense est de 14 millions.

La circulation, sur cette voie, ne permettrait peut-être pas une si forte dépense.

En augmentant un peu les pentes et en portant les rayons des courbes à 400 mètres, la dépense se réduit à 12 millions.

Des courbes de 150 mètres, sans augmentation de pentes, abaisseraient la dépense à 10 ou même à 9 millions.

Si vous vous obstiniez donc à faire entre Malaunay et Dieppe un chemin monumental, dans des conditions nullement nécessaires, n'ajoutant presque rien à la célérité et à la sûreté, vous augmenteriez la dépense de moitié en sus de la dépense nécessaire.

De telles considérations, si je ne me trompe, doivent fixer l'attention de l'administration et de la Chambre.

Je remercie M. le ministre des travaux publics d'avoir présenté aujourd'hui un projet de loi pour un chemin de fer qui devra être desservi par un matériel exécuté suivant le système Arnoux. Ce système a été essayé très en grand, mais l'expérience nouvelle ne nuira pas. Le nouveau chemin servira aux personnes qui fréquentent le marché de Sceaux, ou qui vont se délasser dans les environs de ce bourg. Ce chemin résoudra, je l'espère, définitivement la question des courbes.

Remarquez que cette grande question des courbes implique celle des pentes. Depuis Bourg-la-Reine jusqu'à

Sceaux, le nouveau système sera appliqué sur une pente moyenne de 15 millimètres. M. Arnoux ne veut pas parcourir cette pente directement; je crois qu'il a tort; mais je conçois ses motifs. M. Arnoux rachètera la différence de niveau moyenne de 15 millimètres, en faisant, comme dans les routes ordinaires, autant de zigzags, autant de lacets qu'il en faudra. On verra ainsi qu'il est possible de porter des voies de fer sur les régions les plus élevées du territoire.

J'arrive à une dernière invention, faite depuis peu d'années. Elle paraît devoir offrir de telles facilités dans le tracé, de telles possibilités dans la circulation sur les pentes, qu'il n'y aura pas de pays au monde qui doive renoncer à la satisfaction d'avoir des voies de fer.

Le système qui possède ces précieuses propriétés est celui qu'on appelle le système atmosphérique.

Vous savez tous, Messieurs, que l'atmosphère pèse d'un poids énorme; que nous en serions écrasés, si, en même temps qu'elle agit sur notre corps de bas en haut, elle ne nous soulevait pas avec une force égale, si son action ne s'exerçait pas dans tous les sens.

Mettez un piston dans un tube horizontal, il en sera autant poussé de gauche à droite que de droite à gauche. Supposez que ce piston ferme hermétiquement le tube; enlevez l'air renfermé dans le compartiment de gauche, aussitôt le piston sera pressé vers cette région, c'est-à-dire de droite à gauche, avec une force considérable, avec une force dont on se fera une idée exacte en se figurant un moment que le tube est vertical, et qu'il est chargé d'une colonne de mercure de 76 centimètres de haut.

Le piston du tube horizontal, poussé par cette énorme force, marchera inévitablement.

Pour tirer parti de cette force dans l'intérêt de la locomotive, il reste à la communiquer extérieurement à des voitures; là était la difficulté. On a imaginé des communications magnétiques; mais c'étaient des rêves. On pourrait produire ainsi des effets insignifiants propres à figurer dans des cours de physique, rien de plus.

Pour que le piston puisse entraîner une voiture, il est nécessaire qu'une tige rigide aille d'une de ses parties au dehors. Il faut donc qu'il existe une fente longitudinale sur le tube.

Il faut que cette fente se ferme à mesure que la tige a passé, afin que, par un vide à droite, le piston puisse revenir, c'est-à-dire se mouvoir en sens inverse de sa première marche et conduire un autre train.

Il semblait difficile de faire dans le tuyau une fente le long de laquelle pût passer une tige métallique assez grosse pour entraîner un train de voitures, et qui, immédiatement après, se fermât de manière à ne pas donner passage à l'air extérieur.

Ce problème a été résolu : nous devons dire qu'à l'origine l'inventeur, M. Clegg, apporta son système en France; chacun ici doit lui savoir gré de cet acte de déférence.

On prétend que l'appareil de M. Clegg est trop mécanique, comme si les locomotives n'étaient pas une combinaison mécanique très-compliquée.

On a cru que le système était impraticable; plusieurs expériences ont prononcé; la première, celle des environs de Londres, a eu pour témoin et pour appréciateur

un jeune homme qui s'est dévoué avec un grand zèle à l'étude de toutes ces questions ardues et qui avait les connaissances nécessaires, car il était sorti de l'École polytechnique. M. Teisserenc en a rendu un compte favorable.

La seconde expérience a été faite en Irlande, sur une plus grande échelle, de Kingstown à Dalkey.

M. le rapporteur s'est trompé en disant de l'expérience irlandaise qu'elle avait embrassé l'espace compris entre Dublin et Kingstown. Si tel était le cas, de nouvelles expériences seraient superflues. Le tube *propulseur*, pour me servir de l'expression consacrée, ne va que de Kingstown à Dalkey; il n'a que trois quarts de lieue, qu'environ trois kilomètres de long, mais il parcourt la contrée la plus défavorable du monde, sous le rapport des courbes et des pentes.

M. le rapporteur a cité deux ingénieurs, l'un favorable et l'autre défavorable au système atmosphérique. Ce dernier est M. Stephenson, fabricant de locomotives. En rapportant cette circonstance, je n'entends pas faire une épigramme; il est naturel qu'aux yeux de celui dont la vie tout entière s'est passée au milieu de locomotives, les difficultés des autres systèmes grandissent outre mesure. Mais à l'opinion de M. Stephenson on peut opposer celle de M. Brunel, qui propose, lui, d'exécuter un chemin atmosphérique pour joindre Chatam à d'autres villes. M. Brunel a dû songer que, s'il se trompait, que, s'il engageait des capitalistes dans une mauvaise entreprise, sa carrière d'ingénieur serait gravement compromise. Dans de telles circonstances, le témoignage

de M. Brunel devait l'emporter sur celui de M. Stephenson. Il est d'ailleurs un autre ingénieur dont on n'a pas parlé, l'un des plus habiles, des plus expérimentés et des plus prudents de l'Angleterre, M. Cubitt. M. Cubitt a demandé et obtenu du parlement, après enquête, la permission de faire un chemin atmosphérique qui ira à Epsom. M. Vignolles ne va-t-il pas lui-même exécuter des chemins atmosphériques en Irlande? N'y avait-il pas aussi des ingénieurs français à citer : et M. Teisserenc, et M. Mallet, et M. Vuigner dont tout le monde connaît l'habileté? Un seul ingénieur, M. Stephenson, ne saurait contre-balancer tant d'opinions favorables au système atmosphérique, lorsqu'on songe surtout que les expériences qu'il a discutées n'ont pas été faites par lui-même.

Frappés de l'énorme vitesse qu'on a obtenue en Angleterre sur le chemin de Londres à Bristol, d'une vitesse de 24 lieues à l'heure, d'honorables membres me demandaient si le système atmosphérique pourrait aller jusque-là.

Je vais les satisfaire, en indiquant la vitesse que la locomotion pneumatique ne pourrait dépasser.

Nous avons vu que le principe moteur dans ce système est l'air se précipitant dans le vide.

Eh bien, l'air se précipite dans le vide avec une vitesse de 400 mètres à la seconde; c'est une lieue en dix secondes, 6 lieues à la minute, et 360 lieues à l'heure. (On rit.) Je ne suppose pas que personne ait envie de voyager avec cette rapidité. (Nouveaux rires.)

Il est bien entendu que j'ai indiqué une limite de

vitesse qu'on n'obtiendrait pas, car on ne marcherait jamais contre le vide absolu, qu'il ne faudrait, en tout cas, jamais atteindre ; mais il sera aisé de dépasser les vitesses les plus considérables des locomotives ordinaires. Cela n'est point douteux.

M. Stephenson a dit que l'air se perdait par la soupape longitudinale de MM. Clegg et Samuda. Il s'en perd un peu, j'en conviens; mais s'il ne s'en perdait pas, il n'y aurait pas de discussion possible contre la supériorité du système atmosphérique, comparé au système actuel. D'ailleurs, il y a une méthode nouvelle de fermeture que nous devons à M. Hallette, un de nos plus habiles constructeurs. L'expérience en a été faite tout récemment à Arras. Le tube armé des deux parties que M. Hallette appelle les lèvres, n'a pas laissé rentrer l'air. L'Académie d'Arras tout entière a été témoin de ce succès important. Ce sera là, peut-être, la solution des difficultés devant lesquelles on s'est arrêté.

On a beaucoup argumenté, dans le rapport et ailleurs, d'une opinion dont on ne s'est pas rendu un compte exact. On a dit avec M. Stephenson que les chemins atmosphériques ne pourront jamais servir que dans les cas d'une circulation très-active. Cela est vrai, à un certain point de vue.

Supposez que le chemin de Rouen soit fait d'après ce système, et qu'un seul convoi doive le parcourir chaque jour. Le moyen actuel exigera la mise en action d'une seule machine à vapeur.

Dans le système atmosphérique, au contraire, il faudrait mettre en action toutes les machines fixes destinées

à faire le vide dans le tube; or, comme leur éloignement serait de 2 lieues au plus, ce serait quinze à seize machines contre une, sous lesquelles il faudrait allumer du feu. En ce cas, et dans le cadre que nous nous sommes tracé, le système atmosphérique ne serait pas bon.

Supposez maintenant deux convois. Le système actuel, sans tenir compte des locomotives de secours, exigera deux machines. A seize convois, il y aura plus de locomotives que de machines fixes, à quoi il faut ajouter que les machines fixes ont de très-grands avantages sur les machines mobiles, car celles-ci se dérangent à ce point, qu'après chaque parcours de 25 lieues, on doit les envoyer à l'atelier de réparations; car il faut les chauffer avec du charbon de choix ou avec du coke.

A-t-on songé d'ailleurs aux énormes avantages qu'une grande distribution de machines fixes à vapeur, sur tous les points du territoire, amènerait inévitablement?

Telle machine n'a pas besoin de travailler toute la journée pour faire le vide dans le tube propulseur; vous vous en servirez comme d'un moteur pour moudre le blé, pour alimenter d'eau les villages voisins qui en sont privés, pour les irrigations, etc., etc. Je ne doute pas que les machines affectées au double service ne doivent produire dans notre pays des résultats importants. (Bruit.)

Ce que j'annonce arrivera tôt ou tard, et peut-être dans un temps fort court.

Je viens de parler de la très-ingénieuse invention de M. Hallette. Je ne dois pas oublier qu'un nouveau chemin atmosphérique vient de voir le jour. Celui-ci est dû à un mécanicien du plus rare mérite, à M. Pecqueur.

Je puis rendre témoignage de tout ce que cette invention renferme de subtil, d'inattendu. Ses propriétés économiques me sont moins connues. M. Pecqueur et ses associés, en la comparant à la locomotion actuelle, portent l'économie à 32 p. 0/0.

Toutes ces inventions méritent assurément d'être vérifiées, d'être étudiées avec le plus grand soin. Elles peuvent exercer une influence énorme sur le tracé de nos chemins de fer, elles peuvent réduire la dépense d'un nombre considérable de millions.

J'entends qu'on me demande dans quelles limites de pentes les chemins atmosphériques devraient rester renfermés.

Ma réponse sera courte : il n'y a pas de limites. Si vous le voulez, vous monterez tout droit aux tours de Notre-Dame. Vous pourrez au moins monter sur la croupe de toutes les montagnes où l'on a tracé des routes ordinaires.

M. Legrand, *sous-secrétaire d'État des travaux publics.* Et pour descendre?

M. Arago. Rien de plus facile, puisqu'on anéantit le vide en avant quand on veut, en ouvrant une simple soupape.

(M. le sous-secrétaire d'État fait un geste d'incrédulité.)

Je vois, M. le sous-secrétaire d'État, que vous êtes encore sous l'impression de la série de l'École polytechnique, 1, 3, 5, 7, etc. Il y a la résistance de l'air qui est une cause d'amortissement notable. Au reste, si vous m'attaquez sur les tours de Notre-Dame, j'en descendrai en me servant d'un frein et de quelques autres artifices qu'il serait superflu de décrire ici en détail. (On rit.)

J'abandonne les tours de Notre-Dame, mais non les pays montueux dont parlait M. Boudousquié.

Pour rejeter ma proposition on a dit qu'on ferait des expériences en Angleterre.

Il me semble, Messieurs, que la France doit toujours prendre sa part dans les perfectionnements de tous genres qui s'opèrent dans le monde. Suivant moi, quand elle n'est pas sur le premier rang, c'est qu'elle a perdu sa place. (Très-bien !)

Je ne m'arrête donc pas à cette remarque ; d'ailleurs, l'expérience anglaise serait tardive. L'année prochaine, quand nous reviendrons dans cette enceinte, nous n'aurions pas des éléments suffisants pour nous prononcer sur les tracés qu'on nous présentera.

J'ai pensé que la compagnie des canaux de Paris pourrait faire les expériences désirables sur la berge du canal de l'Ourcq.

Le motif qui m'a décidé à présenter l'offre de cette compagnie, avec laquelle, je dois le dire, je n'ai de relations d'aucun genre, c'est que la compagnie s'engage à faire les expériences dans le très-court intervalle de six mois. Si le délai n'avait pas été si court, je ne l'aurais pas appuyé. Mon plus vif désir serait qu'à l'ouverture de la session prochaine, nous sussions exactement à quoi nous en tenir sur les systèmes Samuda, Hallette et Pecqueur.

La berge du canal de l'Ourcq est-elle favorable? On le conteste. Moi j'affirme qu'elle est extrêmement favorable, et il me serait facile de le prouver.

Le gouvernement doit-il faire l'expérience lui-même? Pour moi je craindrais qu'elle ne durât longtemps.

Au surplus, la compagnie dont je parlais tout à l'heure est prête à offrir sa berge si l'administration le désire. On remarquera que toutes les conditions de sûreté étaient offertes, puisque l'expérience aurait marché sous l'inspection des ingénieurs du gouvernement.

Quand pour la première fois on m'a parlé de la proposition de la compagnie, elle m'a étonné. J'ai demandé où pouvait être son intérêt; on m'a répondu naïvement : Nous sommes seuls autorisés à nous servir de ce chemin atmosphérique breveté de M. Samuda sur le chemin de fer de Paris à Strasbourg. Si l'expérience réussit, lors de la mise en adjudication, nous pourrons nous présenter au concours en offrant des conditions plus favorables. De tout côté surgit le grand intérêt qu'il y aurait à autoriser les expériences.

M. Grandin. Et la sécurité?

M. Arago. J'entends parler de sécurité.

M. Grandin. C'est pour que vous en parliez.

M. Arago. Les chemins atmosphériques, combinés avec les voitures de M. Arnoux, rendront tout déraillement impossible.

Ceux qui se rappellent encore la terrible catastrophe du 8 mai 1842 doivent comprendre quel avantage il y a à ne point traîner du feu après soi. Dans le système atmosphérique, deux convois ne sauraient marcher en sens contraires sur la même voie. Les rencontres de trains sont donc impossibles.

Dans le système actuel, si vous voulez un grand effet, vous êtes obligé de donner aux voitures un poids énorme. Or, on peut arrêter aisément une voiture légère, mais on

n'arrête pas de même une voiture lourde. Au reste, quant à la sécurité, M. Stephenson lui-même s'est prononcé d'une manière favorable.

Les conditions présentées par la compagnie sont nettement indiquées dans l'amendement; je vais d'ailleurs les rappeler :

La compagnie s'engage à faire l'expérience dans l'espace de six mois.

Il n'en résultera aucune obligation ni sur l'entrée ni sur la sortie du chemin définitif.

L'expérience ne donnera aucun droit à la compagnie; ce sera stipulé dans l'amendement si on le juge nécessaire.

Si la compagnie restait adjudicataire, elle prendrait l'expérience à son compte.

Dans le cas où elle ne pourrait profiter des résultats, les frais seraient à la charge de la compagnie rivale; les ingénieurs de l'administration les régleraient.

Si le gouvernement faisait la voie et l'exploitait, ce serait lui qui supporterait ces frais d'après l'estimation des ingénieurs.

Il m'a semblé que ces conditions étaient acceptables, raisonnables. J'ai cru faire une chose utile en les proposant à la Chambre. (Nombreuses marques d'approbation.)

M. le Président. Avant de donner la parole à M. le ministre des travaux publics, qui l'a demandée pour répondre à M. Arago, je donne lecture de l'amendement :

« Le ministre des travaux publics est autorisé à accepter la proposition qui lui a été soumise par la compagnie des canaux de Paris, de faire sur la berge droite du canal de l'Ourcq, de Paris à Bondy, et sous l'inspection des ingénieurs des ponts et chaussées désignés à cet effet par le Gouvernement, un essai du système atmosphé-

rique combiné avec le système de voitures articulées de M. Charles Arnoux.

« L'expérience devra être complétée avant l'ouverture de la prochaine session.

« Les dépenses relatives à cette expérience resteront à la charge de cette compagnie, si elle devient concessionnaire de la ligne de l'Est.

« Dans le cas contraire, le montant de ces dépenses, réglé par les ingénieurs du Gouvernement, sera remboursé à la compagnie des canaux de Paris, soit par la compagnie adjudicataire de ladite ligne, soit par l'État s'il reste chargé de son exploitation. »

M. LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS. Messieurs, avant de m'expliquer sur l'amendement de M. Arago, je demande à la Chambre la permission de lui présenter quelques observations en réponse à quelques critiques adressées par l'honorable préopinant à l'administration des ponts et chaussées. (C'est juste! — Parlez!)

M. ARAGO. M. le ministre veut-il me permettre de lui dire un mot...?

M. LE MINISTRE. L'honorable M. Arago s'est mépris sur le sens de mes paroles...

M. ARAGO. .....Pour que mes critiques ne blessent pas les ingénieurs dont je viens de parler. Ils ont été presque tous mes élèves, je les honore, je les estime, je les regarde comme les premiers ingénieurs du monde. (Mouvement.)

M. LE MINISTRE. Je suis loin, Messieurs, d'avoir la pensée de me plaindre des observations que l'honorable préopinant a présentées; je sais qu'elles ont été présentées avec bienveillance et modération. Mais comme il a cru que l'administration des ponts et chaussées suivait des errements depuis longtemps abandonnés, il m'a semblé qu'il était juste pour l'administration et ses ingénieurs, que l'honorable préopinant s'honore avec raison d'avoir élevés, de présenter quelques observations en réponse à celles que vous avez entendues. Je demande à la chambre la permission de rétablir les choses sur leur véritable terrain, et de dire quelle est, en matière de travaux publics et de chemins de fer, la jurisprudence actuelle des ponts et chaussées.

L'honorable préopinant, dans les développements pleins d'intérêt

que la chambre a entendus avec une religieuse attention, avait raison de dire qu'il y a deux points essentiels sur lesquels de grandes économies peuvent être obtenues dans les tracés, c'est dans l'aggravation des pentes, autant que peut le permettre la sûreté des voyageurs, et dans la réduction des rayons de courbure.

L'honorable M. Arago attribue au conseil général des ponts et chaussées sur ces deux points des exigences qui sont depuis longtemps abandonnées. Le conseil des ponts et chaussées a dû, à l'origine de la construction des chemins de fer, se préoccuper des conditions de sécurité publique, et je crois que l'honorable préopinant ne contestera pas qu'il y a dans la raideur des inclinaisons, et surtout dans la brièveté des rayons de courbure, des chances de danger considérables que l'on devait, avant des expériences rassurantes, tenir en très-grande considération. Il est très-vrai que, dans le principe, on calcula mathématiquement pour ainsi dire le maximum des pentes. Mais les exigences des tracés nous ont forcés d'année en année, et si l'on peut parler ainsi, de chemin de fer en chemin de fer, de dépasser ce maximum; on s'était arrêté à 3 millimètres 1/2 en commençant, et à mesure qu'on a vu par expérience que des pentes plus raides n'offraient pas de dangers sérieux, on a élevé ce maximum; les pentes de 5 et 6 millimètres par mètre sont des pentes courantes dans le tracé même sur lequel vous délibérez en ce moment; on va jusqu'à 8 millimètres, et il y a au sortir du souterrain de Hommarting des pentes de 10 millimètres.

Dans le tracé de Lyon, l'administration a déclaré qu'elle n'était pas effrayée de 9 millimètres, et même de 10 millimètres par mètre.

Il y a bien longtemps que le conseil général des ponts et chaussées suivait les avertissements que lui adressait tout à l'heure l'honorable préopinant. La chambre me permettra de lui rappeler que ce conseil des ponts et chaussées, conseil d'art et en même temps d'expérience, composé d'hommes pratiques, qui sont à la fois à la tête des études mathématiques dans le pays, ce conseil a fait tout ce qu'il était possible de faire pour allier le perfectionnement de l'art avec les intérêts de la sécurité publique; en ce qui concerne la question des pentes, notamment, il n'a négligé aucune des améliorations qui pouvaient amener un allégement des charges de l'État.

J'en dirai autant pour ce qui concerne les rayons de courbure. L'honorable préopinant a expliqué cette question devant la chambre. Je n'ai pas l'intention de reprendre un sujet sur lequel il est si compétent et si écouté.

Mais je dois ajouter que l'administration des ponts et chaussées

se préoccupe, avant la question d'économie, de la question de la sécurité publique. Elle a cru qu'il ne fallait s'engager dans aucune invention nouvelle qu'après s'être assuré par l'expérience que le danger est moindre qu'on ne l'avait cru.

C'est par ce motif qu'après avoir exigé d'abord des courbes à grand rayon, elle a successivement réduit le rayon de ces courbes, et dans ce moment le minimum des courbes n'est pas, comme le disait M. Arago, de 800 à 1,000 mètres, mais de 500 à 600. Il n'y a pas de tracé, et la commission peut s'en assurer, où le rayon des courbes excède 600.

Quant au perfectionnement des appareils, il n'y a pas de reproches à adresser à l'administration. Les appareils locomoteurs n'appartiennent pas à l'administration. L'administration n'exploite pas; elle n'est chargée que de l'exploitation de quelques tronçons de peu d'importance ; le reste revient à l'industrie privée.

L'administration a suivi avec beaucoup d'intérêt, elle a fait examiner avec beaucoup de soin tous les perfectionnements qui lui ont été communiqués, et peut-être l'approbation qu'elle leur a donnée a-t-elle contribué à la propagation des inventions nouvelles dont a parlé l'honorable M. Arago.

Voilà ce que j'avais à dire sur les observations de l'honorable orateur en ce qui concerne le conseil des ponts et chaussées. Je tenais à établir devant la Chambre que le conseil des ponts et chaussées, dans lequel le ministre des travaux publics puise de si grandes lumières, quelque attaché qu'il soit à des conceptions sans reproche, quelque disposé qu'il soit à considérer l'intérêt de l'avenir avant l'intérêt économique du présent, sait cependant concilier ce qu'exige l'économie avec la science, et qu'il a suivi tous les perfectionnements des appareils des chemins de fer avec prudence, mais avec résolution. (Très-bien !)

L'honorable préopinant exposait tout à l'heure deux inventions nouvelles, dont l'une a été surtout l'objet de l'attention publique, et l'autre n'a pas été moins remarquée, bien qu'elle n'ait pas été produite avec autant d'éclat; je veux parler du système des voitures articulées de M. Arnoux.

L'administration des ponts et chaussées s'occupe depuis longtemps de l'expérimentation des voitures articulées. Le danger des appareils actuels de locomotion l'y engageait. Un convoi lancé à toute vitesse, s'il rencontre une courbe trop courte, est sujet à un déraillement et à tous les dangers qui en sont la suite.

M. Arnoux a inventé un système dont je n'oserais pas à cette tribune donner l'explication complète. Avec des essieux mobiles et

des roues également mobiles autour des fusées des essieux, il a composé une machine susceptible de se prêter aux inflexions courbes quel que soit leur rayon : des galets placés en avant de la voiture, par leur contact avec les courbes, font prendre aux essieux la position nécessaire pour qu'ils soient toujours perpendiculaires à la courbe. Voilà en quoi consiste cette invention... Elle a pour elle la science et une expérience qui n'a pas encore été faite en grand, mais qui est aussi complète que possible. Plusieurs membres de cette Chambre ont pu être témoins d'une expérience qui a été faite à Saint-Mandé sur un chemin de fer construit par M. Arnoux. Ce chemin présente des courbes d'un rayon très-raccourci, et permet d'expérimenter le système des voitures articulées. Ainsi que le disait l'honorable M. Arago, sur ce chemin d'un petit parcours il a été parcouru des distances immenses, car on a expérimenté longtemps.

Il s'agit de savoir si ces moyens nouveaux supporteront l'application en grand, s'ils pourront de l'expérience passer à l'exploitation.

Le gouvernement s'est empressé de seconder l'ingénieux inventeur et de chercher un chemin sur lequel puisse se faire l'application de son système. Celui de Sceaux a paru favorable. En sortant de Paris, ce système aurait l'avantage d'éviter les propriétés bâties, les parcs, les maisons de luxe, tout ce qui pourrait faire obstacle ou rendre l'expérience coûteuse. On peut, en effet, dans ce système, quand on rencontre un obstacle, l'éviter par une courbe à petit rayon.

Arrivé à Bourg-la-Reine, il aurait à franchir la montagne de Sceaux, qu'il franchirait, non par une pente directe, ce qui pourrait présenter des inconvénients, mais en faisant des courbes à petit rayon, puis il arriverait à Sceaux. L'expérience de M. Arnoux serait donc appliquée sur le chemin de Sceaux; j'ai arrêté avant-hier seulement les conditions avec M. Arnoux. J'ai obtenu du roi la permission de présenter un projet de loi à la Chambre, et quelque avancée que soit la session, j'espère que les recommandations que ce projet a reçues à la fois de la science, de l'honorable préopinant et de l'administration, lui assureront les suffrages de la Chambre.

Quant au système atmosphérique, il convient certainement de l'essayer; le gouvernement apprécie l'utilité qu'il pourrait présenter dans l'exécution des chemins de fer. Il s'était concerté avec deux commissions pour se réserver, dans l'exécution des chemins de Lyon et de Strasbourg, le droit d'imposer aux compagnies concessionnaires l'application du système atmosphérique où il le croirait utile et avantageux. Si, dans l'exécution des trois chemins de Lyon, de Strasbourg et de Rennes, le gouvernement trouve la pos-

sibilité d'essayer le système atmosphérique, il le fera sans doute avec empressement.

C'est ici que j'ai quelques observations à faire sur la proposition de M. Arago. Je ferai remarquer d'abord que l'expérience ne se ferait peut-être pas dans les circonstances les plus favorables.

En ce qui concerne le chemin atmosphérique, l'honorable préopinant rappelait avec raison les grands avantages qu'on attend de ce système, qui donne la possibilité de franchir les pentes qui effraieraient les ingénieurs les plus intrépides. Il me semble juste de l'essayer dans les circonstances où il pourra rendre les plus grands services. Or, le chemin sur lequel il s'agirait de l'essayer est le chemin qui est parallèle au canal de l'Ourcq, puisqu'il s'agit de se servir de l'une des berges de ce canal ; or, ce canal, on le sait, est de niveau ou à peu près, il n'y a que la pente de la rivière qui est dérivée dans le canal ; il n'offrirait donc pas ces accidents de terrain dont a parlé M. Arago pour le chemin de Dalkey ; tout ce qu'on pourrait faire, ce serait de descendre de la berge dans la plaine, et de remonter de la plaine sur la berge ; le chemin ne franchirait donc pas des pentes considérables.

J'aurais à présenter une autre considération à la Chambre sur les inconvénients qui résultent du mélange de l'expérience scientifique avec la concession du chemin de Strasbourg.

La compagnie qui offre de faire l'expérience est en même temps une des compagnies concurrentes pour la concession du chemin de Strasbourg ; elle offre de faire l'expérience sur un point déterminé, sur la berge du canal de l'Ourcq, c'est-à-dire que l'expérience résoudra dès le premier moment une question encore controversée, celle du point de départ du chemin de Strasbourg.

Le gouvernement a pensé que le chemin de Strasbourg avait son point de départ naturel dans le voisinage du chemin du nord.

Des réclamations très-vives et très-dignes d'intérêt se sont élevées dans le conseil municipal de la ville de Paris ; le conseil municipal a demandé que, dans l'intérêt d'égalité de la dissémination de la population sur la ville de Paris, la gare du chemin de Strasbourg fût placée dans le 8e arrondissement. (Bruits divers.)

Il a fait valoir le bon marché des terrains, et indépendamment de l'avantage purement municipal, qui est celui dont je viens de parler, mais un avantage municipal d'une si grande importance, qu'on peut dire qu'il ressemble à un intérêt général ; indépendamment de cet avantage, il a fait valoir l'intérêt de l'État, en ce qui concerne l'acquisition des terrains. (Interruption.)

Voulez-vous me permettre d'aller jusqu'au bout ?

L'administration des ponts et chaussées n'a pas dû être insensible à la réclamation du conseil municipal de la ville de Paris ; elle l'a été d'autant moins qu'elle s'est préoccupée, depuis quelque temps, de la possibilité d'établir la gare du chemin de Lyon dans le voisinage de la gare du chemin de Strasbourg ; de créer une gare commune pour les deux têtes de chemins; et alors il est évident que ce n'était pas dans le voisinage du chemin du Nord que la gare commune devait être établie.

J'ai exprimé, dans le projet de loi, l'opinion du gouvernement; j'ai exprimé un doute grave, qui ne peut être éclairci qu'après un examen attentif de la question.

L'adoption de l'amendement aurait pour inconvénient de résoudre une question qui n'est pas résolue, de déterminer le point de départ du chemin de Strasbourg, quand il est encore incertain.

Un inconvénient encore bien grand, ce serait de créer entre l'État et une compagnie un engagement qui ne serait pas irrévocable, sans doute, mais qui cependant gênerait quelque peu sa liberté, quand il s'agirait de concéder le chemin de Strasbourg. Je suppose, en effet, que le gouvernement ne jugeât pas convenable d'accepter les résultats de l'expérience : la compagnie concessionnaire du chemin qu'elle aura construit à ses frais aura établi le commencement d'un chemin de Paris à Meaux. La Chambre s'y est refusée jusqu'ici ; elle a cru que le chemin de Paris à Strasbourg ne devait pas rencontrer la concurrence d'un chemin de Paris à Meaux, et cette concurrence vous l'auriez implicitement créée.

Je crois donc qu'il y a quelque inconvénient dans cette espèce d'engagement pris par le gouvernement avec une compagnie, et qui gênerait le gouvernement, s'il ne jugeait pas convenable d'accepter les résultats de l'expérience. Je crois d'ailleurs qu'il y a quelque inconvénient pour le chemin de Paris à Strasbourg, dans la création d'un chemin en concurrence de Paris à Meaux.

Il y a peut-être, Messieurs, quelques autres inconvénients encore, qu'à cette heure avancée de la séance je ne prends pas la liberté de présenter à la Chambre.

Je résume mes observations en disant que l'administration des ponts et chaussées ne demande pas mieux que d'entrer dans la voie des expériences, des études ; qu'elle en a donné la preuve par la proposition que j'ai l'honneur de vous soumettre aujourd'hui ; qu'elle en donnerait une nouvelle preuve, en acceptant l'amendement de l'honorable M. Arago, s'il n'avait pas les inconvénients administratifs que je viens de discuter devant la Chambre. Je souhaite qu'une autre proposition, dégagée de ces inconvénients,

puisse être présentée au gouvernement; il l'accepterait avec reconnaissance, mais il ne peut accepter l'amendement tel qu'il est proposé.

J'ai eu l'honneur de dire encore à la Chambre que si, dans les chemins de fer qui vont être construits, il y en a qui paraissent offrir au gouvernement des occasions utiles d'essayer le système atmosphérique, il s'empressera de le faire. Une portion du chemin de Paris à Chartres peut présenter cette occasion; il y a entre Versailles et le plateau de Saint Cyr une côte très-élevée à franchir; la question n'a pas été assez étudiée pour que je puisse prendre un engagement, mais l'essai pourrait y être fait très-utilement. Les crédits que la Chambre accorde au gouvernement lui permettent d'étudier la question avec toute l'attention qu'elle comporte, et il se sentira encouragé par l'assentiment de la Chambre à faire l'expérience le plus tôt qu'il pourra. (Très-bien, très-bien!)

M. Arago. Je demande à dire quelques mots de ma place; je serai très-court. M. le ministre n'a rien dit relativement à une considération que j'ai fait valoir et qui m'a déterminé à devenir devant la Chambre le patron de l'amendement. Cette considération la voici : l'expérience serait faite, en supposant qu'on adoptât ma proposition, dans six mois. A l'ouverture de la session prochaine nous en connaîtrions les résultats.

M. le ministre nous a dit que le terrain n'est pas favorable; il s'est trompé.

Si on le voulait, on placerait le tube propulseur entre la berge et la plaine, sous des inclinaisons de 45 degrés; on essaierait les courbes des plus petits rayons.

M. le ministre a présenté des difficultés que j'ai ressenties moi-même tout à l'heure, et voici pour le rassurer les modifications que j'apporterai à la fin de l'amendement :

« L'expérience du canal de l'Ourcq ne préjuge en aucune manière ni la question du tracé définitif de la ligne de l'Est, ni la question de l'entrée à Paris. »

Il est évident qu'avec cette modification, toutes les difficultés qu'a présentées M. le ministre disparaissent. On voit qu'on ne s'engage nullement envers la compagnie ; néanmoins je retire l'amendement tout de suite si le gouvernement déclare que dans l'intervalle de six mois il aura fait une expérience lui-même.

M. le ministre disait que sur le chemin de Chartres il pourrait disposer du tracé de manière à employer le système atmosphérique. Pour moi, je ne recommande pas ce système pour un établissement définitif. J'attendrai les résultats des expériences que je provoque.

J'insiste pour l'adoption de l'amendement avec le changement que je viens d'y faire.

M. Luneau. La commission s'est préoccupée de la question. Elle a cru que les faits seraient plus forts que toutes les restrictions portées dans un amendement, et quoique son plus grand désir soit de faire expérimenter le système atmosphérique, elle n'a pu se dissimuler les inconvénients qu'il y aurait à l'adoption de l'amendement pour la tête du chemin de Strasbourg.

M. le ministre des travaux publics. Je ne crois pas que M. Arago ait détruit les observations administratives que j'ai eu l'honneur de faire. Je n'ai pas l'intention d'élever d'objections contre les propositions d'expériences scientifiques qu'il a faites. J'ai dit que si l'administration des ponts et chaussées avait les moyens d'expérimenter le système atmosphérique, elle le ferait avec empressement, et probablement avec utilité.

M. Arago. Je ne demande pas mieux. Je transforme mon amendement, et je demande qu'on vote 2 millions pour faire les expériences.

M. le ministre. J'accepte avec empressement le concours que m'offre M. Arago ; mais il faut que ce concours, pour être accepté, soit offert dans une forme régulière. Je crois qu'il y a un inconvénient assez grave à ce que, dans une loi spéciale sur le chemin de Strasbourg, on introduise un crédit ayant pour objet d'expérimenter

le système atmosphérique, probablement ailleurs que sur le chemin de fer de Strasbourg.

L'approbation que la Chambre a donnée aux développements dans lesquels M. Arago est entré me déterminera à me concerter avec mes collègues pour prendre les ordres du roi afin de demander un crédit spécial. (Très-bien ! très-bien !)

M. Arago. Il me semble que je puis considérer les dernières paroles de M. le ministre comme un engagement qu'il sera fait promptement des expériences. C'est tout ce que je demandais. Dieu veuille qu'elles arrivent promptement et qu'on puisse en profiter pour l'établissement de tant de chemins de fer.

[Les projets de loi sur l'essai des trains articulés et sur celui du système atmosphérique ayant été présentés, ainsi que la promesse en avait été faite, M. Arago a été nommé rapporteur des commissions de la Chambre des députés. Les rapports qu'il a rédigés à cette occasion sont placés ci-après.]

## VII

### SYSTÈME DE CHEMIN DE FER A TRAINS ARTICULÉS

[M. Arago a envisagé le système de chemin de fer à trains articulés inventé par M. Arnoux, sous deux points de vue différents, dans deux Rapports faits, l'un à l'Académie des sciences, l'autre à la Chambre des députés. Dans le premier Rapport, M. Arago s'est occupé de la partie technique de l'invention; dans le second, il a surtout considéré les avantages économiques promis par le système de M. Arnoux. Ces deux Rapports sont réunis ici dans leur ordre chronologique.]

### 1° *Rapport à l'Académie des Sciences* [1].

M. Arnoux présenta à l'Académie, il y a deux ans, un Mémoire relatif au système qu'il avait imaginé pour faci-

1. Ce Rapport a été lu dans la séance du 20 juillet 1840 de l'Académie des sciences, au nom d'une commission composée de MM. Sa-

liter le passage des locomotives, des voitures et des wagons sur les chemins de fer de toute courbure. Un modèle parfaitement exécuté accompagnait le Mémoire. L'Académie n'a pas oublié le savant rapport [1], honoré de son approbation, dans lequel M. Poncelet apprécia avec tant de mesure et de lucidité tout ce que les nouvelles dispositions présentaient de hardi, d'ingénieux, de plausible. Elle doit se souvenir aussi que ses commissaires en appelaient à des essais en grand, pour corroborer ou infirmer les espérances que la théorie permettait de concevoir. Ces expériences, M. Arnoux s'est empressé de les faire, et sur une échelle vraiment inusitée : elles n'ont pas coûté moins de 150,000 francs. Tous les obstacles à la locomotion, tels que pentes et contre-pentes, croisements de voies, lignes droites raccordées par des courbes, lignes courbes en sens opposés se succédant sans intermédiaire, courbes de très-petits rayons, se sont trouvés réunis dans un chemin qui existe encore à Saint-Mandé, et dont le développement, égal à 1,142 mètres, forme un circuit fermé. Cette disposition permettait de revenir au point de départ autant de fois qu'on le voulait sans s'arrêter ni là, ni ailleurs. Aussi, en un seul jour, a-t-on parcouru 60 kilomètres; aussi la totalité du chemin que les wagons ont fait dans ce champ-clos, pendant toute la durée des expériences, s'élève-t-elle à 600 kilo-

vary, Coriolis, Gambey, et Arago rapporteur; il était intitulé : *Rapport sur les diverses dispositions proposées par M. Arnoux pour faire marcher librement les locomotives et les wagons des chemins de fer, le long des courbes de toutes sortes de rayons.*

1. Comptes-rendus de l'Académie des sciences, t. VI, p. 402.

mètres, c'est-à-dire aux proportions du long voyage de Paris à Lyon. Il ne fallait, au reste, rien moins, pour autoriser à parler du système de M. Arnoux, sous le rapport de la solidité, de la détérioration des rails, de la durée des roues et des nouveaux mécanismes destinés à donner aux essieux les directions convenables. Ajoutons, qu'afin de pouvoir étudier l'effet des courbes sur la locomotion, même au delà des limites qu'un ingénieur n'aura jamais besoin d'atteindre dans le tracé des chemins de fer, un petit cercle de 18 mètres de rayon, complétement fermé, se rattachait au chemin principal par deux branches de courbes de 30 mètres de rayon, et qu'une fois entré dans ce cercle, le convoi pouvait le parcourir indéfiniment.

Le convoi se composait ordinairement de la locomotive, du tender, de quatre voitures de quatre ou six roues et d'une plate-forme. L'évaluation précise des résistances a été obtenue par des appareils dynamométriques. M. le capitaine Morin, qui a une si grande habitude de ces machines, qui en a fait de si nombreuses, de si utiles, de si ingénieuses applications, a bien voulu mettre lui-même en action les excellents dynamomètres qu'il a tant perfectionnés, relever tous les résultats et en former des tableaux. La commission ne saurait assez reconnaître à quel point le zèle éclairé et infatigable de M. Morin lui a été utile.

Lorsque pour obtenir une comparaison directe des tractions sur les rails ordinaires avec celles qu'exigent, toutes circonstances égales, les rails à petites courbes de M. Arnoux, on transporta les appareils dynamométriques

sur les chemins de Versailles, ce fut encore M. Morin qui présida aux mesures.

Notre objet doit être maintenant d'exposer les résultats, de les rapprocher, d'en tirer les conséquences qui, aujourd'hui, nous sembleraient pouvoir, sans inconvénient, être sanctionnées par l'Académie. Ces conséquences ne seraient, au reste, ni bien comprises, ni convenablement appréciées, si nous ne posions pas de nouveau le problème en termes précis; si nous négligions de rappeler succinctement les idées qui ont conduit les mécaniciens au système de wagons actuellement en usage, et celles dont le système de M. Arnoux offre la réalisation.

Avant d'entrer dans ces détails, nous croyons toutefois devoir informer l'Académie, que la commission s'est abstenue, à dessein, de toucher aux questions de priorité qui lui ont été soumises, non qu'elles lui parussent difficiles, mais seulement parce que les tribunaux en sont actuellement saisis. Nous ajouterons que la commission s'est vue à regret dans l'impossibilité de rendre compte ici d'une invention ingénieuse de M. Renaud de Vilback, tendant au même but que le système de M. Arnoux. Le fragment de chemin construit à Charenton, d'après les idées de M. de Vilback, avait de trop petites dimensions pour qu'on pût y tenter des expériences vraiment démonstratives. Ce chemin, d'ailleurs, fut détruit avant que la commission en corps y eût vu fonctionner le wagon isolé qui le parcourait par l'action de la pesanteur. Le seul commissaire auquel, dans le temps, les circonstances permirent de se rendre à l'usine de Charenton et d'y assister

à une ou deux épreuves du nouveau chemin, n'ayant fait, n'ayant pu faire aucune expérience précise, aucune mesure, n'oserait émettre une opinion décidée ; ne pourrait pas, en tout cas, se substituer à la commission entière, alors même que ses confrères voudraient bien le permettre et que le règlement ne s'y opposerait point. Nous espérons que cette déclaration mettra fin à une polémique dont nous avons déjà trouvé les traces dans quelques écrits, et qui désormais n'aurait plus de prétexte.

Les caractères essentiels du système de M. Arnoux sont l'indépendance absolue des roues montées sur un même essieu, et leur mobilité autour des fusées qui les portent ; la liberté qu'ont les essieux de changer de direction dans un plan horizontal autour de chevilles ouvrières sur lesquelles la charge repose ; enfin la liaison complète, de voiture à voiture, par des timons rigides articulés, engagés à chaque extrémité dans les chevilles ouvrières et s'articulant sur l'axe même du chemin. Par la dernière disposition, le convoi entier est comme une longue chaîne, inextensible, mais parfaitement flexible dans toutes ses parties.

Les deux premières conditions sont indispensables pour qu'une voiture puisse ne pas éprouver, sur une voie courbe, une résistance beaucoup plus forte que sur un chemin tracé en ligne droite. Il faut, en effet, pour qu'il en soit ainsi, qu'à chaque instant les essieux prennent des directions normales aux courbes parcourues, et qu'en même temps les roues extérieures, roulant sur la courbe dont le développement est le plus grand, prennent la plus grande vitesse.

Il ne suffit pas, néanmoins, que ces conditions, remarquées de tout temps, puissent être satisfaites : elles doivent l'être nécessairement; il est indispensable que tous les essieux soient constamment guidés.

Aussi, les premiers essais de chemins en bois et en fer dans les galeries de mines, offrirent-ils divers moyens pour donner à des essieux mobiles la direction convenable. C'était, par exemple, une crosse fixée perpendiculairement au premier essieu et qui, armée quelquefois à son extrémité inférieure d'un galet horizontal, pénétrait dans une rainure creusée entre les deux directrices courbes de la voie. On a vu plus tard les galets horizontaux, mais pour une application toute spéciale, dans quelques-uns des petits chariots, à voie extrêmement étroite, destinés au jeu des Montagnes Russes.

Pourquoi donc, dans le grand problème de la locomotion sur chemins de fer, a-t-on bientôt abandonné les anciennes tentatives? Pourquoi s'est-on jeté dans un système tout différent?

C'est que les premiers moyens de direction n'étaient pas admissibles dès qu'on voulait augmenter la vitesse; c'est qu'avec des essieux mal guidés ou libres, les wagons sortiraient à chaque instant de la voie, malgré l'obstacle qu'opposent aux rebords des roues les bourrelets ou les plans verticaux des rails; c'est qu'en effet, le frottement même de ces bourrelets et de ces rebords, en retardant le mouvement de la roue frottante, tendrait à faire pivoter l'essieu et la voiture entière autour du point d'arrêt.

Dans les parties droites d'une voie, les essieux doivent

rester invariablement perpendiculaires à l'axe des wagons. On chercha donc avant tout à établir cette perpendicularité d'une manière permanente. Après ce premier pas, il n'y avait plus que de l'avantage à faire les autres : à rendre les essieux solidaires avec les roues, et tournant sur eux-mêmes dans des boîtes fixées à la caisse même de la voiture.

Par là les roues se trouvent parfaitement maintenues dans des plans verticaux, et la charge se transmettant aux essieux par des parties situées près de leurs points d'appui, les fatigue moins que lorsqu'elle repose directement sur le milieu de leur longueur.

Tel est le système actuel. Il est parfait pour les lignes droites, mais tout se trouve sacrifié à ces lignes.

Dans les courbes, en effet, le parallélisme des essieux est un défaut; la liaison qui oblige les roues à prendre des vitesses égales, un autre défaut. La nécessité même de ne pas exagérer ces inconvénients, réagit sur les parties droites du chemin, en empêchant d'augmenter la largeur de la voie et d'assurer par là, de plus en plus, la stabilité des voitures.

Sans doute on a remédié, du moins en partie, aux inconvénients que nous venons de rappeler, par d'ingénieux artifices, par les roues à jantes coniques, par les roulements des roues extérieures sur la circonférence de leurs rebords, ce qui constitue, comme on le sait, le procédé de M. Laignel; mais ces moyens ne peuvent remédier qu'aux défauts qui résultent de la dépendance des roues. Les inconvénients attachés au parallélisme des axes subsistent encore.

Donnera-t-on d'avance, et à dessein, du jeu pour rendre possible un certain degré de convergence? On l'a fait en Angleterre et avec désavantage, en l'absence de moyens de guider les essieux : résultat que l'on pouvait prévoir par des raisons précédemment indiquées.

On est donc inévitablement conduit, dès qu'on s'écarte du système des wagons ordinaires, à chercher des moyens de donner aux essieux la direction convenable.

Examinons comment M. Arnoux satisfait à cette condition :

Son système se compose de trois parties distinctes. Il faut y signaler en effet :

D'abord le moyen particulier, spécial, de diriger le premier essieu de la première voiture;

Ensuite le moyen commun de diriger le premier essieu de chacune des voitures suivantes;

Enfin le moyen de subordonner, dans chaque voiture, à la direction déjà déterminée du premier essieu, celle du second.

Chacun de ces points exige quelques détails.

Le premier essieu du convoi porte, à l'extrémité de fourches recourbées, quatre galets, mobiles dans des plans à peu près horizontaux, légèrement inclinés de haut en bas, du dedans au dehors, et qui s'appuient, en roulant, contre les bourrelets, ou mieux, contre les plans verticaux des rails. Ces galets n'éprouvent, lorsqu'ils sont bien ajustés, aucune autre résistance que celle qui naît du roulement, puisque l'essieu qui les soutient les empêche de jamais porter par leurs faces horizontales. Les centres des galets se trouvent maintenus ainsi aux quatre

sommets d'un rectangle engagé entre les rails, avec une très-petite quantité de jeu. Les déviations des côtés de ce rectangle, par conséquent les déviations de l'essieu parallèle aux côtés transversaux et compris entre eux; ces déviations, disons-nous, ne peuvent être que de l'ordre de grandeur exprimé par le rapport du jeu à la largeur du rectangle même.

Un pareil système de guides est excellent. Il n'a rien de commun avec les roulettes verticales antérieurement proposées. Est-il besoin de dire, en effet, que des galets ne peuvent servir de guides que par rapport au plan sur lequel ils roulent, et que les rebords verticaux des rails sont ici les plans relativement auxquels il faut guider le mouvement?

Les galets-guides de M. Arnoux auraient plus d'analogie avec le galet unique de certains chariots des usines. On pourrait croire la ressemblance plus grande encore en prenant le terme de comparaison dans quelques-uns des galets imaginés pour les montagnes russes. Quant à ces derniers, cependant, une différence frappe tout de suite l'attention : leur objet est plutôt de diminuer un glissement que d'assurer une direction aux essieux. En effet, avec une voie aussi étroite la direction convergente des essieux n'avait pas d'importance; il suffisait que les galets fussent portés par la caisse des chariots. On les voit même engagés quelquefois dans des rainures latérales pour écarter toute chance de projection. Rien de semblable ne pourrait avoir lieu sur une grande échelle.

Examinons maintenant si les galets de M. Arnoux n'auraient pas, avec les avantages qui leur appartiennent,

qui les distinguent de tout ce que l'on avait proposé pour le même objet, quelque inconvénient grave.

L'expérience semble avoir prononcé. Jamais les galets n'ont présenté de tendance à dérailler; jamais, dans la voie, il n'y a eu de rupture; la surface s'usait un peu rapidement, mais alors seulement que les galets étaient en fonte douce, et que les aspérités des rails étaient encore vives. Depuis, avec des galets garnis d'un cercle d'acier, il n'y a plus eu d'usure appréciable.

On a voulu s'assurer si tous étaient indispensables à la direction du convoi. Avec un galet de moins il a été impossible de marcher. Les wagons se sont arrêtés dès les premiers instants; mais aussi quelques instants suffisent pour remplacer le galet qui manque.

Un accident qui ne tient nullement à la nature du système, a donné lieu à une remarque qui mérite d'être conservée.

Dans un changement de voie une aiguille était restée fermée. La locomotive et le convoi abandonnèrent donc les rails; dès lors les galets se trouvant forcés de labourer le sol, un d'eux se brisa; mais la pointe de la fourche qui le portait continuant de pénétrer dans la terre, contribua promptement et à coup sûr fort heureusement à détruire la vitesse acquise.

En voyant les galets d'une première voiture assurer, d'une part, la direction en s'encadrant dans les rails, et, d'autre part, transformer en frottement de roulement le glissement du rebord des roues contre les bourrelets, on se demande s'il ne conviendrait pas d'appliquer un système semblable à chacun des essieux suivants. Cette idée

s'était présentée dès l'origine à M. Arnoux. L'élévation des prix d'établissement et d'entretien qui en résulterait, suffirait pour la faire rejeter, si la difficulté de maintenir constamment ajustés à une hauteur convenable tous ces galets, n'était une objection plus grave encore.

Aussi, restreignant l'emploi des galets au premier axe du convoi, et peut-être, ce que la commission serait tout à fait disposée à approuver, au dernier essieu, M. Arnoux adopte-t-il, pour diriger les essieux intermédiaires, un système tout différent. Ce système comprend deux parties distinctes.

D'abord vient la liaison du second essieu de chaque voiture avec le premier : elle est analogue, quant aux effets, à ce que présentent les voitures de l'amiral Sidney Smith, de M. Diez, et même à ce qu'offrent des essais plus anciens, mais présentant des dispositious moins parfaites; elle se distingue par une solution nouvelle.

Dans chaque voiture, chaque essieu porte au milieu de sa longueur une couronne que traverse une cheville ouvrière; deux chaînes à mailles plates embrassant les couronnes et se croisant dans l'intervalle qui les sépare, s'attachent à leur circonférence; les seconds essieux se trouvent ainsi dirigés : car, pour une voiture donnée, si le premier essieu tourne dans un sens, le second tourne en sens contraire et de la même quantité.

Les deux essieux d'une même voiture ainsi liés entre eux, demeurent complétement indépendants, au moins quant à une action directe, des essieux de la voiture qui précède et de celle qui suit. Il reste donc, et cette partie du système de M. Arnoux est entièrement neuve, il reste

à déterminer, dans chaque voiture, la direction du premier essieu. M. Arnoux la fait dépendre uniquement de l'angle que le timon rigide de cette voiture fait avec la flèche de la voiture qui précède. A l'arrière de cette flèche, pour établir la liaison voulue, est fixée une petite couronne concentrique à la couronne du second essieu, dont elle est indépendante. Cette petite couronne conduit, par des chaînes croisées, la première couronne d'essieu de la voiture suivante. Quant à l'effet de traction, il se transmet tout entier par les timons; les chaînes n'ont qu'à faire tourner les couronnes sur leurs sellettes.

Pour que les deux essieux de la voiture qui précède et le premier essieu de la voiture qui suit convergent vers le centre du cercle qui passe par leurs trois chevilles ouvrières, il faut que le rayon de la petite couronne fixée à la flèche, soit aux rayons des couronnes d'essieu dans le rapport de la longeur du timon à la somme des longueurs de ce timon et de la flèche qui le conduit.

La solution n'est rigoureuse que lorsque le timon et la flèche ont des longueurs égales. Mais elle est tellement approchée, pour un rapport différent de l'égalité, dès que le rayon de la voie courbe surpasse dix fois la longueur d'une voiture, que la différence est pratiquement négligeable. Il y a plus, la solution approchée pourra bien avoir quelque avantage, en permettant de diminuer la longueur des timons, et en devenant par là même moins inexacte au passage d'une courbe à une autre, au passage d'une partie droite à une voie courbe, et réciproquement.

Au surplus, le mérite de la solution n'est pas dans une

rigueur géométrique que l'application ne réalise jamais. Il consiste à empêcher les fausses directions de dépasser des limites très-étroites, à guider ainsi d'une manière continue, *sans à-coups*; de telle sorte que les déviations se compensent et se neutralisent, pour ainsi dire, sur la longueur du convoi entier.

Si l'on voulait un exemple de la supériorité de certaines solutions approximatives sur des solutions exactes, il suffirait de citer le parallélogramme de Watt, substitué aux engrenages dans les machines à vapeur.

L'expérience a montré, du reste, que la liaison continue du système était le premier avantage de l'idée de M. Arnoux. On a pu, dans les essais de Saint-Mandé, pour tirer parti de pièces toutes faites, appliquer les mêmes couronnes à des flèches et à des timons de longueurs très-inégales, sans qu'il en résultât un grave inconvénient. Les résistances ont dû, cependant, en être un peu augmentées.

Il est évident toutefois qu'il conviendra toujours de s'assujettir aux proportions les plus avantageuses.

Une remarque semblable doit être faite relativement au tracé des courbes sur le terrain.

A Saint-Mandé on passe presque sans intermédiaire, d'une courbe de 100 mètres de rayon à une courbe de 30 mètres, ou à une ligne droite; mais ce n'est pas sans qu'un peu de raideur se fasse sentir aux points de jonction.

Il est évident que dans la pratique, sans rien sacrifier des avantages du système, on pourra toujours adoucir les raccords en passant graduellement d'une courbe à

une autre. Peu importe que l'on marche dans un arc de cercle parfaitement régulier ou dans une suite d'arcs de cercle, pourvu que l'un quelconque de ces arcs, prolongé de la longueur d'une flèche ou d'un timon, ne s'écarte pas, perpendiculairement à sa courbure, de celui qui le précède ou le suit, d'une quantité plus grande que le jeu nécessaire entre les rebords des roues et les bourrelets des rails.

Il est des cas où la douceur des raccords dont on vient de parler a moins d'importance, où l'on pourra, comme à Saint-Mandé, rattacher l'une à l'autre, presque sans transition, des courbes de rayons très-différents. Il en sera ainsi pour une gare d'évitement que l'on voudra lier à la voie principale du chemin. La vitesse à l'entrée, par conséquent la force centrifuge, ne seront jamais assez grandes pour qu'un changement un peu rapide de direction ait une influence bien nuisible.

Le petit cercle de 18 mètres de rayon, à Saint-Mandé, est un exemple d'une gare d'évitement comprise dans un espace resserré, et offrant cela de particulier, qu'un convoi, de quelque côté qu'il arrive, pourra toujours s'y engager et en sortir ensuite, soit pour continuer sa route, soit pour revenir sur ses pas.

Par là tombe, en grande partie au moins, une des principales objections élevées contre le nouveau système: celle qui porte sur la difficulté, l'impossibilité, pour certains cas, de faire reculer un train. En ligne droite, le recul est certainement possible; à Saint-Mandé on a reculé de plus de 50 mètres. Mais en courbe, dès que le rayon est petit, on ne peut rétrograder. Ce n'est pas à

l'obliquité de l'effort, en elle-même, que cette impossibilité doit être attribuée; elle tient à ce que la direction ne se transmet pas, dans ce sens, aux essieux, et rien ne prouve plus clairement que cette transmission est indispensable.

Au demeurant, il ne faut pas, quand il s'agit de recul, transporter au nouveau système les idées auxquelles l'ancien a nécessairement conduit. Avec le système ordinaire, le retournement d'une seule voiture exigerait l'emploi d'une plate-forme, si cette voiture n'était pas parfaitement semblable en avant et en arrière, et par là disposée à se mouvoir aussi bien dans un sens que dans l'autre. Avec le système proposé, l'emploi des plates-formes n'est jamais indispensable, puisqu'à l'aide d'un cercle de très-petit rayon, un train entier revient sur lui-même et rentre dans la voie qu'il avait quittée.

Reste donc, pour la nécessité du recul immédiat, le seul cas d'un accident survenu à la voie. Mais alors ce n'est pas à quelques instants perdus qu'on doit attacher une grande importance. Il suffira, par exemple, pour transformer le convoi et l'approprier à la direction rétrograde qu'il doit prendre, que chaque flèche porte à l'avant, comme à l'arrière, une petite couronne sur laquelle on ajustera, par le serrage de quelques écrous, les chaînes nécessaires à la direction des essieux.

Une nouvelle objection se lie à ce qui vient d'être discuté. Ces chaînes si indispensables, seront-elles fréquemment sujettes à se rompre? D'abord il est facile de voir qu'elles ne supportent qu'un effort assez faible : cet effort se borne à faire tourner les couronnes; l'impulsion qui

entraîne le convoi se transmet tout entière par les timons et les flèches.

Admettons, cependant, qu'un accident ait lieu, qu'une chaîne se rompe ou se détache. Le cas s'est présenté dans les expériences de Saint-Mandé, pour une des chaînes reliant l'une à l'autre les deux couronnes d'une même voiture. La chaîne détachée pendait sans que l'on s'en fût aperçu. On fit un tour entier avant que, du dehors on avertît les personnes qui menaient le convoi d'arrêter la marche. Cette circonstance prouve que si l'ensemble des moyens de direction est nécessaire, ces moyens peuvent, sans inconvénient grave, être supprimés sur un point intermédiaire. La solidarité de toutes les parties du système maintient alors dans la voie le seul essieu qui ne soit plus guidé. Un semblable accident, au reste, est réparé en quelques instants.

C'est un avantage notable de ce moyen de direction, que le peu de causes d'altération qu'il présente. Cet avantage est dû à la douceur des mouvements, à ce qu'ils s'exécutent sans grande vitesse, par conséquent sans chocs. Le mouvement rapide des galets directeurs pour chaque essieu donnerait lieu à des altérations bien plus promptes; aussi M. Arnoux ne les emploie-t-il que là où ils sont indispensables.

Après avoir discuté ce qui se rapporte seulement à des cas particuliers, à des accidents, si l'on examine ce qui se passe dans la locomotion ordinaire, il faut reconnaître d'abord qu'au départ d'un train la difficulté de l'ébranler, dans le nouveau système, sera plus grande que dans les convois ordinaires, où chaque voiture commence à se

mouvoir isolément avant d'entraîner, par la tension des chaînes, celle qui la suit. Nous ne croyons pas toutefois qu'il puisse jamais résulter de là un inconvénient grave. Cette question, au surplus, a déjà été discutée dans le rapport de M. Poncelet.

Il ne faut pas négliger une circonstance qui, au départ, est à l'avantage des trains articulés et inextensibles de M. Arnoux : c'est l'absence des chocs que l'on éprouve, dans les trains ordinaires, au moment où les chaînes se tendent.

Quant au point essentiel, aux résistances qu'il faut vaincre, une fois le convoi lancé, pendant toute la durée du mouvement, y a-t-il, dans le système proposé, des causes qui puissent en définitive accroître leur valeur moyenne? Si l'on a diminué ces résistances dans les courbes, les a-t-on augmentées dans les parties droites, qui seront toujours les plus étendues?

Avant de citer les expériences, examinons, sous ce rapport, les données de la question.

C'est relativement au frottement des essieux qu'il peut y avoir incertitude.

Dans le nouveau système d'essieux mobiles, la charge porte au milieu de leur longueur. Cette disposition, jointe à l'élargissement de la voie, vers lequel on doit tendre, semble entraîner une augmentation dans le diamètre des fusées d'essieux, par suite une augmentation de résistance.

Toutes choses égales d'ailleurs, il est très-vrai que dans les wagons actuels, c'est un avantage que de faire reposer la charge près des extrémités des essieux. On est dans

l'usage de donner aux boîtes dans lesquelles ces essieux tournent, un diamètre de 0$^{m}$.055.

Quant aux grosses diligences des routes ordinaires, où la charge est portée au centre des essieux, comme dans les wagons de M. Arnoux, les fusées ont un centimètre de plus (0$^{m}$.065).

M. Arnoux, dans les wagons d'abord soumis aux expériences, avait adopté cette dimension, et il doit évidemment en résulter un excès de résistance pour le frottement des fusées.

Mais en considérant que les diligences éprouvent sur les routes ordinaires des chocs souvent assez violents qui n'existent pas sur les chemins de fer, M. Arnoux n'a pas douté que les essieux de ses voitures ne pussent être réduits au même diamètre que ceux des wagons de son convoi d'essai.

On pourra dire alors qu'une réduction plus grande serait applicable aux wagons à axes parallèles, et qu'en définitive, l'avantage leur resterait sous ce rapport.

A ce point, la question ne peut guère être résolue avec certitude; elle finit par être une question de durée : surtout si l'on a égard à la grande longueur que l'on peut donner, dans le système de M. Arnoux, aux boîtes des roues indépendantes.

Cette longueur est une garantie contre les déviations du plan dans lequel tournent les roues. Il ne semble pas que ce plan soit moins bien maintenu dans le système des roues libres que dans celui des roues solidaires, du moins *pour la durée que ces roues peuvent avoir.*

Cette durée, dans le système actuel, n'est pas grande.

On sait avec quelle exactitude les roues en fonte, solidaires avec les essieux, doivent être tournées. On sait aussi avec quelle rapidité les rebords verticaux de ces roues se détruisent par le frottement contre les bourrelets des rails dans les courbes.

Le système de M. Arnoux fait disparaître ces résistances. Il donnera donc aux roues plus de durée ou permettra de les établir avec moins de perfection et de solidité.

Ainsi, dans les expériences de Saint-Mandé, les roues étaient de simples roues en bois, cerclées en fer, et, du moins au commencement, non tournées. Les rebords, au lieu de faire corps avec les jantes, étaient des cercles en fer posés à plat et fixés au corps de la roue par des vis à bois.

Cependant le long de courbes si variées, d'un rayon si petit, dans un parcours total d'une si grande étendue, aucun de ces cercles, si légèrement établis, n'a été arraché, n'a présenté même d'altération sensible.

Si les altérations peuvent jusqu'à un certain point servir de mesure, n'est-ce pas une preuve qu'une cause énorme de destruction, difficilement appréciable d'une manière directe, a disparu presque entièrement?

N'est-on pas aussi fondé à croire que cette diminution fera plus que compenser l'augmentation, si toutefois il y en a une, du frottement des essieux?

Une preuve du même genre que celle dont nous venons de parler, une preuve matérielle, vient encore établir que les roues sont parfaitement maintenues et les axes parfaitement dirigés.

Jamais, pendant ces longues expériences, on n'a ressenti d'une manière marquée ces mouvements si communs, si destructeurs, si incommodes que, dans les chemins de fer actuels, on désigne sous le nom de mouvements de lacet.

A de très-grandes vitesses, la seule remarque que l'on ait pu faire a été relative à l'inclinaison, assez faible d'ailleurs, des caisses, provenant de la force centrifuge. Encore aurait-il été possible d'atténuer cet effet en élevant un peu le rail extérieur.

Venons maintenant à l'évaluation des résistances *totales* à l'aide des dynamomètres.

Ces résistances proviennent du mouvement propre dont l'air est animé; du choc des wagons sur ce même air immobile; du frottement des essieux à leur circonférence; du roulement des roues sur les rails; du glissement de leurs rebords sur les bourrelets; des à-coups; des accélérations ou des retards dans la marche des convois, que le meilleur conducteur ne saurait éviter, et dont l'influence devient considérable à cause de la grandeur de la masse en mouvement. Or tout cela est susceptible de varier avec le serrage des écrous, le graissage des boîtes, l'état hygrométrique de l'air, l'établissement plus ou moins solide des rails. Il suffirait, quant à cette dernière influence, de rappeler les belles figures d'acoustique que le passage des wagons fait naître souvent sur le sable dont les rails sont entourés.

La première question à résoudre était naturellement celle-ci :

Avec le système de M. Arnoux, la résistance est-elle

sensiblement la même sur les parties droites et sur les parties courbes du chemin?

Dans une première expérience, avec des roues non tournées et une vitesse d'environ 4 mètres par seconde; sur l'ensemble du chemin principal, composé de parties droites et de parties courbes de 50 et de 150 mètres de rayon, on trouva, pour le rapport de la résistance à la charge, la fraction 1/175e.

Dans une autre expérience, avec les mêmes roues, une charge différente et une vitesse à peu près uniforme de 3m.8 par seconde, la résistance, dans le petit cercle de 18 mètres de rayon, se trouva être, d'après une moyenne de plusieurs tours, de 1/175e à 1/177e; c'est le nombre trouvé précédemment pour l'ensemble du chemin.

Lorsque les roues eurent été tournées, la moyenne résistance sur l'ensemble du chemin, descendit à 1/204e, la vitesse étant toujours d'environ 16 kilomètres à l'heure. Le frottement des parties droites se trouva égal, dans ces expériences, à celui des parties circulaires de 50 mètres de rayon; la fraction qui l'exprimait était 1/215e.

Avec les mêmes roues tournées, mais un galet touchant légèrement les chairs, la résistance s'éleva à 1/193e. Les parties droites comparées aux parties courbes de 50 mètres de rayon, donnèrent respectivement les fractions 1/200e et 1/202e.

La première question paraît donc résolue. La courbure de la voie n'ajoute rien aux résistances.

Les expériences mettent aussi en évidence combien il est nécessaire que les roues soient tournées et les galets exactement ajustés.

Il n'est sans doute pas besoin de dire que tous les nombres cités représentent des résistances réduites à l'horizon.

Quoique ces nombres différassent peu de ceux qu'on admet communément, la commission jugea convenable d'appliquer les instruments dynamométriques aux chemins de fer ordinaires. Les ingénieurs de Saint-Germain et de Versailles en fournirent les moyens avec un empressement, avec une obligeance sans bornes.

Le résultat moyen de deux séries de valeurs obtenues le 3 mars de cette année, sur le chemin de Saint-Germain avec des vitesses peu différentes de celles de Saint-Mandé, par un vent dirigé dans le sens de la marche, mais ayant à peu près la vitesse du convoi ; ce résultat, disons-nous, conduit à une résistance horizontale de 1/200e, comme dans les épreuves de Saint-Mandé.

Si l'on prend une expérience pendant laquelle un vent oblique contrariait légèrement la marche, on trouve 1/170e. Par un vent favorable et les boîtes nouvellement lubrifiées, le coefficient descend à 1/252e.

La moyenne serait enfin plutôt au-dessus qu'au-dessous de 1/215e.

Ces expériences, malgré leurs résultats concordants, sont sans doute bien loin de résoudre dans toutes ses parties la question si complexe de la résistance sur les chemins de fer. Mais nous devons remarquer qu'il n'était question, pour nous, que de la comparaison entre deux systèmes, faite dans des circonstances aussi semblables qu'il était possible et avec les mêmes appareils. Il faut ajouter, à l'avantage du système de M. Arnoux, que les

grosses fusées des essieux de toutes ses voitures auraient pu, sans inconvénient, être ramenées à des diamètres de 55 millimètres, et qu'alors, d'après un coefficient de frottement plutôt trop faible que trop fort, la résistance moyenne, sur le chemin rentrant de Saint-Mandé, se serait trouvée réduite à 1/230e.

En résumé :

L'égalité de frottement, de résistance, sur les parties courbes et droites des chemins de fer, quand les voitures sont construites suivant le système de M. Arnoux, et que les vitesses ne dépassent pas certaines limites, est complétement établie par les expériences de Saint-Mandé.

Ces expériences, si cela pouvait être nécessaire, viendraient donc à l'appui des considérations théoriques développées dans le rapport de M. Poncelet; elles prouveraient, pratiquement, que la convergence des essieux est la condition indispensable d'un bon service de locomotion sur les rails courbes; elles établiraient aussi que les procédés dont l'auteur fait usage pour établir cette convergence, ont toute la précision désirable.

Si nous sommes un peu moins affirmatifs, quant aux frottements du nouveau système comparés à ceux de l'ancien, c'est que la commission n'a pas eu les moyens de multiplier suffisamment les épreuves sur les chemins ordinaires; c'est qu'il était très-difficile de rendre les circonstances exactement pareilles. La parfaite identité de circonstances ne paraîtra certainement à personne un raffinement d'exactitude, si nous disons qu'un convoi abandonné à lui-même, c'est-à-dire à l'action de la pesanteur, descendit un jour de Versailles à Asnières, avec la vitesse

moyenne de quatre lieues à l'heure, tandis que peu de jours auparavant, et peut-être par la seule influence d'un graissage différent ou de l'état des rails, le même convoi s'arrêta en route. Nous devons cependant rappeler que, sans même attribuer aucune influence défavorable à la faiblesse des rails dont on a fait usage en construisant le chemin de M. Arnoux, à la faiblesse des coussinets et au petit échantillon des traverses; que par la seule réduction légitime du diamètre des essieux à 55 millimètres, le frottement déduit de l'ensemble des expériences de Saint-Mandé, s'est trouvé au-dessous de 1/230$^e$, résultat qui probablement n'a jamais été dépassé dans le service ordinaire d'aucun chemin de fer.

Les possibilités de rupture des galets destinés à diriger la locomotive et des chaînes qui opèrent la convergence des axes, les accidents qui pourraient en résulter, ont été appréciés, dans ce qui précède, tant *à priori* que d'après les résultats des expériences. Il ne nous semble pas qu'on doive s'en préoccuper sérieusement.

Ainsi, le système de M. Arnoux n'imposerait, autant qu'il a été possible d'en juger, aucune augmentation appréciable de frais de traction. Sous le rapport de la sûreté, ce système paraît aussi devoir satisfaire les esprits les plus timides. M. Arnoux semble donc avoir complétement résolu le problème difficile qu'il s'était proposé. Désormais les ingénieurs craindront moins, dans leurs tracés de chemins de fer, de s'écarter très-notablement de la ligne droite, de tourner les obstacles de toute nature dont aujourd'hui ils se voient forcés de demander la démolition. Les dispendieux souterrains seront moins souvent

nécessaires; on multipliera enfin les gares d'évitement, et par ce moyen les chemins à une seule voie deviendront peut-être suffisants dans bien des localités où, d'après les méthodes actuelles, deux voies seraient indispensables.

Si une longue expérience des nouvelles voitures ne fait pas surgir des difficultés imprévues, le nom de M. Arnoux ira se placer très-honorablement à côté des noms de deux de nos compatriotes qui, par l'invention des chaudières tubulaires et du tirage à l'aide de la vapeur perdue, ont rendu usuelles, sur les chemins de fer, des vitesses qu'à l'origine personne ne se serait flatté d'atteindre, même dans de simples expériences. Quant à la commission, après un examen long et consciencieux, elle croit, dès ce moment, devoir proposer à l'Académie d'accorder son approbation à l'ingénieux système de locomotives et de voitures articulées que M. Arnoux lui a présenté.

[Dans la séance de l'Académie des sciences qui a suivi l'adoption du rapport qui précède, M. Renaud de Vilback a réclamé l'idée de l'indépendance des roues et de la convergence des essieux, l'emploi des galets directeurs; il s'est plaint qu'on n'eût pas rendu compte d'un moyen de son invention supérieur, suivant lui, aux moyens dont M. Arnoux fait usage. M. Vilback a déclaré que « ses expériences étaient suffisantes pour obtenir un rapport ». Ce rapport, M. de Vilback le demandait avec d'autant plus d'insistance que « la commission n'a pas cru devoir l'admettre au concours du prix de mécanique, et que ce prix a été accordé à son heureux concurrent. » M. Arago a répondu à cette réclamation dans les termes suivants :]

Je relèverai d'abord une confusion dans laquelle est tombé M. de Vilback. La commission, sur le rapport de laquelle le prix de mécanique de la fondation Monthyon a été accordé à M. Arnoux, est différente et de celle qui

vient de rendre compte des expériences de Saint-Mandé, et de la commission qui devait examiner le bout de chemin de Charenton. Les questions de priorité ont été à peine effleurées (Voir p. 396) dans le rapport dont M. de Vilback se plaint, afin de laisser aux tribunaux leur pleine et entière action. Mais on s'est trompé en supposant que les commissaires s'étaient abstenus d'examiner ce point délicat. Ils avaient parfaitement reconnu, par exemple, que le galet directeur dont parle M. de Vilback, ne peut, en aucune manière, être assimilé aux galets de la première voiture de M. Arnoux. Quant au principe de l'indépendance des roues, et de la convergence des essieux, on le trouve déjà dans Edgeworth; Sidney Smith l'avait d'ailleurs mis en pratique sur une voiture que tout le monde a pu voir. Ce que la commission a cru devoir particulièrement approuver dans le système de M. Arnoux, c'est le moyen d'opérer la convergence, soit des premiers, soit des seconds essieux de chaque voiture, sans secousses, sans à-coups; ce sont les galets de la locomotive; c'est un ensemble de dispositions à l'aide duquel (l'expérience a prononcé), le frottement n'est pas plus fort dans les courbes que sur les parties droites des rails. Je suis le seul des commissaires de l'Académie qui ait vu fonctionner des wagons sur le bout de chemin de fer de Charenton, et je déclare, contrairement à l'opinion de M. de Vilback, non-seulement que les expériences n'étaient pas « suffisantes pour obtenir un rapport », mais encore qu'il y aurait eu impossibilité de faire des essais concluants dans une pareille localité, et avec des rails si courts.

### 2° *Rapport à la Chambre des députés* [1].

Les rails de tous les chemins de fer sont aujourd'hui fixés au sol, ou en ligne droite, ou suivant des courbes de très-grands rayons. Ce dispositif est une conséquence nécessaire du parallélisme rigoureux et invariable que les constructeurs ont cru devoir établir, sur tous leurs véhicules, entre l'essieu des roues de devant et l'essieu des roues de derrière. A son tour, ce parallélisme a conduit à priver les roues de la mobilité dont elles jouissent, dans les voitures ordinaires, autour des fusées qui les portent; à les rendre, par couples, solidaires les unes des autres; à les fixer aux essieux comme elles le sont encore dans les charrettes les plus communes du centre de la France.

L'obligation de n'employer, pour le tracé d'un chemin de fer, que des lignes droites ou presque droites, fait surgir à chaque pas, dans les régions un peu accidentées et surtout dans les vallées étroites, des difficultés dont l'ingénieur le plus habile ne triomphe qu'en s'imposant d'énormes dépenses.

Rien de plus propre à établir la vérité de cette assertion, que ce passage d'un ancien rapport des gérants et des commissaires du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon :

« Si l'on considère surtout les augmentations de dépense qui ont été la suite inévitable de la rectification du pre-

1. Ce rapport a été déposé le 10 juillet 1844, au nom d'une commission chargée de l'examen d'un projet de loi tendant à autoriser la concession d'un chemin de fer de Paris à Sceaux pour l'application du système des trains articulés de M. Arnoux.

mier projet présenté à M. le directeur général, où des courbes de 500 mètres ont été substituées à celles de 150 mètres et même de 100 que nous avions primitivement adoptées, on ne sera pas étonné que des dépenses (sur les acquisitions de terrains) que nous avions évaluées à 8 millions, se soient élevées jusqu'à 10. Le nombre des percements qui, à cette époque, ne devait être que de six, s'est trouvé porté, par la nouvelle rectification, à quatorze, formant une étendue de 4,000 mètres, qui ont coûté plus de 1,800,000 fr. Un grand nombre de points qui, dans le premier projet, n'auraient présenté que peu de difficultés, tels que la montagne de Saint-Lazare, les grands remblais d'Issieux, etc., etc., sont tout à coup devenus de grands obstacles, par les sommes qu'ils ont coûtées et le temps qu'il a fallu pour les vaincre. »

Il fallait de bien puissants motifs pour décider les ingénieurs d'une compagnie à remplacer des courbes de 150 mètres par des courbes de 500 mètres, lorsque le changement devait amener de tels surcroîts de dépenses. Ces motifs, les voici en peu de mots.

Avec le matériel actuel, avec des voitures à essieux invariablement parallèles, il y a, dans les tournants prononcés, un accroissement considérable de résistance, une destruction rapide des rails et des roues, des chances de rupture des essieux notablement plus nombreuses que sur les lignes droites, et, quand les vitesses sont considérables, de sérieux dangers de déraillement.

On voit maintenant ce qui a fait rejeter les courbes de moins de 500 mètres de rayon dans les tracés de chemins destinés à être parcourus avec de grandes vitesses; on

sait pourquoi de telles courbes ne sont admises qu'aux abords des stations où les convois arrivent et d'où ils partent très-lentement. On comprend encore qu'on ait fait de grands efforts dans la vue d'échapper à un assujettissement si ruineux.

Parmi les dispositifs qui ont été proposés pour donner aux locomotives, aux diligences et aux wagons la faculté de circuler sur des courbes d'un faible rayon, sans augmentation appréciable de résistance et sans chances sensibles de déraillement, celui de M. Arnoux a particulièrement fixé l'attention des ingénieurs. Les principes sur lesquels il repose sont parfaitement clairs, mais leur énoncé figurerait mal dans ce rapport. La commission a pensé qu'il n'y avait pas d'explications qui pussent remplacer l'expérience. Aussi, avant la discussion de la loi, nous soumettrons à l'appréciation des membres de la Chambre un modèle complet du nouveau système. Chacun prendra alors une idée exacte de l'artifice à l'aide duquel les essieux doivent toujours et inévitablement se placer perpendiculairement à la courbe parcourue; chacun verra l'ingénieux mode de liaison rigide que l'inventeur a établi entre les diverses voitures d'un convoi; chacun, enfin, aura sous les yeux un train articulé, construit sur l'échelle du cinquième, dont tous les éléments, dont tous les wagons iront, l'un après l'autre et sans le secours de rails directeurs, suivre exactement la ligne, droite ou sinueuse, rentrante sur elle-même ou à branches indéfinies, que la tête du train aura parcourue.

Hâtons-nous de le dire, ce n'est pas seulement sur des modèles, sur un matériel réduit, que les propriétés des

trains articulés ont été étudiées. M. Arnoux et ses amis ne reculèrent, il y a six ans, devant aucune dépense pour donner aux ingénieurs des moyens certains de s'éclairer.

Dans un vaste enclos voisin de Saint-Mandé, ils établirent une voie de fer de plus d'un quart de lieue de long (1,142 mètres). Cette voie formait un circuit fermé, ce qui permettait de revenir au point de départ sans s'y arrêter, et ce qui donna la facilité de parcourir en un seul jour jusqu'à 120 kilomètres. Elle présentait des difficultés inusitées. On y voyait, dans un espace resserré, des pentes et des contre-pentes, des croisements de voies, des lignes droites raccordées par des courbes, des lignes courbes situées dans des sens opposés et se succédant sans intermédiaire. Un petit cercle de 18 mètres de rayon, complétement fermé, se rattachait au chemin principal par deux branches de courbes de 30 mètres de rayon. Une fois entré dans le cercle, le convoi pouvait le parcourir indéfiniment, et il le parcourut souvent à la vitesse de trois à quatre lieues à l'heure.

Le convoi se composait ordinairement d'une locomotive anglaise, du tender, de quatre ou cinq voitures et d'une plate-forme.

Dans les essais (ils ont duré plusieurs années et occasionné une dépense de 230,000 fr.), le chemin parcouru sur la voie de Saint-Mandé s'est élevé, en somme, à plus de 2,000 kilomètres.

Pendant les expériences, exécutées sur une si vaste échelle, toutes les difficultés qui s'étaient d'abord élevées contre le système de M. Arnoux s'évanouirent successivement. Le système fut approuvé catégoriquement par

l'Académie des sciences (Voir le rapport précédent, p. 393 à 417) et par une commission composée d'ingénieurs des ponts et chaussées.

Il demeura constaté :

Que la résistance, dans le système de M. Arnoux, est sensiblement la même sur les parties droites et sur les parties courbes du chemin, et que la convergence des essieux est la condition indispensable d'un bon service de locomotion sur les rails courbes;

Que, dans les voitures des trains articulés, on ne ressent pas d'une manière marquée ces mouvements si communs, si destructeurs, si incommodes, que dans les chemins actuels on appelle les *mouvements de lacet;*

Que les voitures Arnoux permettant d'élargir, sans augmentation de résistance, la voie ou la distance des rails, pourront avoir par cela même une plus grande stabilité que celles dont on fait usage aujourd'hui;

Que les voitures articulées n'offrent pas la disproportion existant dans les anciennes, entre la distance des essieux et la longueur des caisses, ce qui constitue un nouvel élément de stabilité;

Que ces mêmes voitures peuvent être mieux suspendues, plus légères et d'un prix moins élevé. M. Arnoux porte à 1,000 kilogrammes la différence de poids et à 1,000 fr. la différence de prix.

Au point de vue technique, l'offre de M. Arnoux ne pourra donc avoir que des avantages. Le succès du chemin de Sceaux lèverait, tout conduit à l'espérer, les derniers scrupules de ceux qui, après les expériences de Saint-Mandé, sont restés encore dans le doute.

Au point de vue économique, la commission a considéré que la concession réclamée par M. Arnoux n'engage aucune question d'avenir, le chemin de Sceaux ne pouvant pas, ne devant pas devenir une tête de chemin de quelque étendue.

Sous le rapport financier, la question est encore plus simple, car M. Arnoux ne demande aucune subvention; cet ingénieux mécanicien devra tout exécuter sur le chemin de Sceaux à ses risques et périls.

En résumé :

La commission donne son approbation au projet de loi présenté par M. le ministre des travaux publics. Si l'emploi des voitures articulées sur le chemin de Sceaux, ne fait surgir, comme tout autorise à le croire, aucune difficulté imprévue; si les galets directeurs de la locomotive fonctionnent dans la plaine d'Arcueil et le long des coteaux de Bourg-la-Reine, comme à Saint-Mandé, il sera permis d'adopter, pour les tracés futurs des chemins de fer, des règles larges et comparativement très-économiques; car, on doit bien le remarquer, dès qu'il sera établi qu'on peut franchir rapidement et sans danger des courbes à petit rayon, on aura résolu implicitement le problème des grandes pentes.

Ainsi, en votant le projet de loi, la Chambre ne doterait pas seulement la capitale et l'arrondissement de Sceaux d'un chemin utile; elle ferait faire de plus un pas important, décisif, à l'art de la locomotion sur les voies de fer, sans imposer aucune charge au Trésor.

La commission n'a apporté au projet de loi et au cahier des charges, que des modifications légères qui s'expli-

queront d'elles-mêmes. Il est un point seulement, relativement auquel un très-court commentaire pourra ne point sembler superflu.

Le chemin de Sceaux doit être principalement considéré comme le moyen de mettre à jamais en dehors de toute discussion raisonnable, les avantages dont les trains articulés sont doués dans les courbes d'un court rayon. Il faut donc que la Chambre soit assurée que de telles courbes se trouveront dans le tracé définitif. Tel est le but de l'amendement que nous avons fait à l'article 2 du cahier de charges[1]. La différence moyenne de niveau, de 15 millimètres par mètre, qui existe entre Bourg-la-Reine et Sceaux, ne pourra, dans aucun cas, être franchie directement; cette partie du tracé, comme du reste l'avant-projet l'indique, renfermera plusieurs lacets et des courbes d'un court rayon.

Les avantages qui pourraient résulter dans les tracés de tant de chemins de fer qui ne sont pas encore définitivement arrêtés, de l'emploi de lignes très-sensiblement courbes, doit faire vivement désirer que la grande expérience de Sceaux soit prochainement en activité. La commission émet donc le vœu que le gouvernement abrége,

1. Le projet disait : « Le maximum des pentes et rampes du tracé n'excédera pas 0m.007 par mètre entre Paris et Bourg-la-Reine, et 0m.011 entre Bourg-la-Reine et Sceaux. » M. Arago a fait adopter la rédaction suivante : « Le maximum des pentes et rampes du tracé n'excédera pas 0m.007 par mètre entre Paris et Bourg-la-Reine. Entre Bourg-la-Reine et Sceaux, les pentes, le nombre des lacets et les rayons des courbes de raccordement seront déterminés par l'administration supérieure, sur les projets fournis par le concessionnaire, de manière que l'épreuve des voitures articulées de M. Arnoux soit complétement concluante. »

autant que possible, les formalités qui pourraient empêcher M. Arnoux de se mettre promptement à l'œuvre.

[Sur ce rapport le projet de loi de concession du chemin de fer de Sceaux a été adopté sans discussion dans la séance de la Chambre des députés du 19 juillet 1844.]

## VIII

### SYSTÈMES DE CHEMINS DE FER ATMOSPHÉRIQUES [1]

Nous répondrons à un désir qui a été manifesté sur divers bancs de la Chambre, en essayant de caractériser en quelques lignes les divers systèmes de chemins atmosphériques qui se disputent aujourd'hui l'attention du public. Cette introduction aura d'ailleurs l'avantage de séparer, en termes généraux, les propriétés évidentes de ces inventions, de celles qu'on leur attribue gratuitement, ou qui, pour être constatées, exigeraient encore un examen sérieux.

L'atmosphère presse dans tous les sens avec la même intensité. Elle exerce un égal effort sur une surface horizontale et sur une surface verticale.

La pression atmosphérique, évaluée perpendiculairement aux surfaces planes, les seules dont nous aurons à parler ici, a pour mesure, en chaque lieu, le poids d'un volume de mercure ayant pour base la surface pressée, et pour hauteur celle du baromètre.

1. Rapport fait à la Chambre des députés, le 16 juillet 1844, sur un projet de loi tendant à ouvrir au ministre des travaux publics un crédit de 1,800,000 francs pour un essai des systèmes de chemins de fer atmosphériques.

Au niveau de la mer, la hauteur moyenne du baromètre est de 76 centimètres. Si on se rappelle qu'à égalité de volume, le mercure pèse treize fois et demie plus que l'eau, on concevra que la pression atmosphérique sur une surface de quelque étendue doive devenir une force motrice puissante, partout où l'on réussira à annuler la pression en sens contraire, provenant de la même cause, qui ordinairement la balance.

Concevons maintenant, à la surface du sol, un tuyau d'un demi-mètre de diamètre, par exemple, ouvert à ses deux bouts et portant un piston bien ajusté, susceptible de glisser dans les deux sens. Ce tuyau a été appelé, d'après une dénomination anglaise, le tube de *propulsion*; nous lui conserverons ce nom.

L'atmosphère poussera le piston du tube de propulsion, de droite à gauche, avec une force très-considérable, facile à calculer. Une force exactement égale le poussera de gauche à droite. Le piston restera donc en repos.

Cela posé, fermons hermétiquement le tube à son extrémité de gauche. Ensuite, enlevons tout l'air compris entre cette extrémité fermée et le piston, en nous servant d'un système de pompes et de soupapes, analogue à celui qui constitue l'appareil si connu dans les cabinets de physique sous le nom de *machine pneumatique*.

Enlever l'air, c'était anéantir la pression, qui, s'exerçant sur le piston, de gauche à droite, l'empêchait de céder à la pression, à la force qui le poussait en sens inverse. Après l'opération, cette dernière force subsiste seule, et elle ne pourra manquer de pousser le piston vers la gauche avec une grande puissance, avec une grande

rapidité, dès qu'on aura ôté le coin ou tout autre obstacle analogue qui le retenait en place.

Si, au lieu d'enlever la totalité de l'air contenu dans la portion du tube horizontal comprise entre le piston et l'extrémité fermée à gauche, on n'en enlève qu'une partie; si, par exemple, au lieu de réduire, dans cette même portion du tube, la pression atmosphérique à zéro, on l'amène seulement à être la moitié de sa valeur normale, le piston restera pressé de gauche à droite, avec une intensité égale à la moitié de celle qui le pousse en sens opposé, et la force motrice du piston se trouvera elle-même définitivement réduite à la moitié de ce qu'elle était dans le premier cas. Un vide encore plus imparfait réduirait cette force propulsive au tiers, au quart, au cinquième, etc.

Il est bien entendu qu'après avoir poussé le piston de droite à gauche, il suffira, si on veut le faire marcher en sens contraire, de laisser à gauche le tube en libre communication avec l'atmosphère, de boucher la section de droite, et d'y opérer un vide plus ou moins complet.

Lions, d'une manière quelconque, des ballots à l'arrière du piston mobile, et nous aurons le système de transport pour les marchandises, les lettres, les journaux, que l'ingénieur danois, M. Medhurst, proposa en 1810. Donnons au tube des dimensions considérables, en telle sorte qu'il puisse contenir une file de voitures, et l'on se fera une idée précise de l'expérience que tenta M. Vallance, en 1824, sur la route de Brighton, dans un tuyau provisoire en bois de deux mètres de diamètre.

Il était de toute évidence, sans même tenir aucun

compte de diverses considérations économiques, que le public ne consentirait pas à s'enfermer, comme le voulait le système de M. Vallance, dans un tube de fer indéfini; qu'il éprouverait une très-juste répugnance à voyager, quelque grande que fût la vitesse, dans une obscurité profonde. Aussi, M. Medhurst, voulant perfectionner ses premières idées, chercha-t-il des moyens de transmettre au dehors du tube la force motrice dont le piston intérieur peut être animé. A ses tentatives succédèrent celles de l'ingénieur américain Pinkus, et ensuite les essais plus heureux de MM. Clegg et Samuda.

Les premières expériences des deux ingénieurs anglais, faites à Chaillot en 1838, furent suivies des épreuves moins imparfaites, exécutées à Worm-Wood-Scrubs, près de Londres. Enfin, grâce à un prêt de 625,000 francs du gouvernement anglais, MM. Clegg et Samuda purent procéder à l'établissement du chemin atmosphérique de Kingston à Dalkey, sur une longueur de 2,275 mètres.

Un mot maintenant de la méthode qu'on a imaginée pour établir une liaison intime et rigide, entre le piston sur lequel s'exerce la force motrice atmosphérique et la première voiture d'un train roulant sur des rails ordinaires en dehors du tube.

La liaison rigide dont il vient d'être parlé, ne peut guère s'établir convenablement qu'à l'aide d'une tige métallique allant du piston à la voiture. Or, comme il faut que cette liaison se maintienne pendant toute la course du piston, le tube doit être ouvert longitudinalement par le haut. C'est le long de cette fente supérieure que la tige métallique marche; c'est par son intermédiaire

que le mouvement du piston se communique à la première voiture du convoi, et de là à toutes les autres. Cette tige a donc été appelée très-légitimement la *tige motrice* ou de *connexion*.

Mais, dira-t-on, si le tube est fendu, comment y faire le vide? Voici la réponse.

La fente est couverte, sur toute sa longueur, d'une soupape qui la ferme hermétiquement. Le vide peut donc s'opérer successivement, dans la portion de tube située à gauche ou à droite du piston, comme dans le tube non fendu que nous considérions d'abord. Seulement, par un effet du mouvement sur lequel nous reviendrons, la soupape s'ouvre partiellement près du piston, de manière à laisser passer la tige de connexion; immédiatement après elle retombe par son poids.

C'est ici la partie la plus délicate de l'appareil. La soupape ferme-t-elle rigoureusement la fente, le vide s'opère exactement dans le tube, et il s'y maintient; on obtient une force motrice puissante et permanente. La soupape, au contraire, livre-t-elle passage à l'air par quelque fissure, on ne peut arriver à un vide suffisant, qu'en se servant d'une pompe pneumatique très-forte, et encore ce vide imparfait ne se conserve-t-il pas, si on ne maintient pas la pompe incessamment en action. C'est surtout par le mode de fermeture de la fente longitudinale du tube de propulsion, que les systèmes de M. Samuda et de M. Hallette diffèrent l'un de l'autre.

La soupape longitudinale de M. Samuda, destinée à fermer la fente du tube, est formée d'une lanière indéfinie en cuir, fortifiée en dessus et en dessous, par une série

de plaques de fer de 30 centimètres de long, et ne laissant guère entre elles qu'un centimètre d'intervalle. On donne ainsi du poids à la soupape sans anéantir sa flexibilité. Le cuir est attaché intimement, hermétiquement, par l'un de ses bords, à l'un des deux côtés de la fente. L'autre bord reste libre, mobile, et lorsque la soupape est fermée, il repose simplement sur la seconde lèvre de la fente, recouverte d'avance, dans toute sa longueur, d'une composition de cire et de suif. Quand la soupape s'entr'ouvre, la bordure en cuir fixée, adhérente au tuyau, se fléchit et fait ainsi l'office d'une véritable charnière.

On concevra avec assez d'exactitude la manière dont est disposée et fonctionne la *lanière soupape* de M. Samuda, en étendant sur une table un long ruban de drap, en lui faisant subir une tension modérée et en le collant ensuite à la table par l'un de ses bords. Le doigt, en se promenant entre le drap et la table le long du bord libre du ruban, produit une inflexion locale, un soulèvement du drap partout où il se transporte. A quelque distance de là le soulèvement n'a pas lieu, ou du moins il est insensible.

La soupape de M. Samuda ne se soulève jamais jusqu'à devenir verticale. Elle ne dépasse pas dans ses mouvements l'inclinaison de 45°. L'ouverture est alors suffisante pour donner passage à la tige motrice, à la tige large et fortement infléchie qui unit le piston à la voiture directrice.

Cette tige, chacun en a déjà compris la nécessité, est quelque peu en arrière de la première face du piston, afin que jamais l'air ne puisse pénétrer librement dans la portion du tube que ce piston va parcourir. En réalité, le soulèvement de la soupape ne s'opère même pas directe-

ment par la tige : deux roulettes placées dans le tube, en arrière du piston et un peu en avant de la tige, remplissent cet office.

La soupape, retombée seulement par son propre poids, n'adhérerait pas au second bord de la fente assez intimement pour empêcher l'air d'entrer dans le tube ; aussi, à peine revenue à sa place, est-elle fortement comprimée à l'aide d'une roue attachée à l'arrière de la première voiture ; aussi, cette voiture porte-t-elle un cylindre rempli de charbons incandescents, destinés à liquéfier la composition de suif et de cire, dont il a été déjà parlé.

La soupape longitudinale de M. Hallette repose sur des principes entièrement différents.

Le tube de propulsion de notre compatriote, comme celui de M. Samuda, est ouvert longitudinalement dans sa partie supérieure. La fente est comprise, sur toute son étendue, entre deux demi-cylindres métalliques creux, faisant corps avec le tube principal, coulés d'un seul jet avec lui, et se présentant l'un à l'autre par leurs concavités. Dans chacune de ces concavités longitudinales, M. Hallette loge un tuyau en tissu épais et serré, rendu imperméable par les moyens connus; il y comprime l'air à l'aide des mêmes machines fixes, qui, en agissant d'une autre manière, opèrent le vide dans le grand tube de propulsion. En se gonflant vers l'extérieur, ces boyaux vont remplir exactement les demi-cylindres métalliques; en se gonflant vers le centre du tube, ils arrivent à se toucher, disons mieux, à se presser l'un contre l'autre de manière à former, là aussi, une fermeture hermétique.

Dans le système si ingénieux de l'habile constructeur

d'Arras, ce n'est pas, comme on le voit, sur les bords de la rainure longitudinale que se ferme le tuyau de propulsion. Cette rainure reste ouverte et libre, mais les deux boyaux gonflés empêchent l'air d'y arriver en dessus, par leur contact mutuel, et latéralement, parce qu'ils s'appuient très-exactement sur la surface intérieure des deux oreilles demi-cylindriques, situées à droite et à gauche de la rainure.

Ici, la tige motrice n'a pas de soupape à soulever. Dans sa marche, elle s'insinue entre les deux boyaux gonflés et les écarte un moment l'un de l'autre. Ici, point de rouleau compresseur, point de composition à fondre. L'élasticité de l'air injecté dans les boyaux suffit à tout; après le passage de la tige, cette élasticité replace exactement les choses dans l'état primitif.

Avant d'aller plus loin, il est peut-être bon de remarquer qu'à la hauteur des deux boyaux gonflés et tangents, la tige motrice a peu d'épaisseur; que sa forme est celle d'une lentille étroite ayant sa tranche dirigée dans le sens de la locomotion, en telle sorte que les deux boyaux n'ont jamais besoin d'être fortement écartés, et qu'ils reviennent subitement au contact dès que la portion étroite, lenticulaire de la tige motrice ou de connexion a passé.

Ces détails vont faciliter la tâche de la commission.

Au premier coup d'œil on se demande si un mode de locomotion dans lequel figure, comme organe principal, une bande de cuir d'une immense longueur, une composition de cire et de suif, et un fer chaud destiné à liquéfier la cire, peut avoir de l'avenir; s'il ne vaudrait pas mieux s'occuper du perfectionnement des locomotives ordinaires

plutôt que de porter ses efforts et ses espérances sur des combinaisons qui exigent, pour toute la longueur du tuyau de propulsion, c'est-à-dire pour un grand nombre de lieues, ces contacts intimes, hermétiques, qu'on obtient avec tant de difficulté, même dans les petites machines des cabinets de physique.

La question semble grave, mais l'expérience a prononcé. Le chemin de Dalkey existe depuis près d'un an. Depuis plus de deux mois il est en exploitation commerciale régulière, et pendant cet intervalle de temps la soupape longitudinale en cuir a utilement fonctionné, et ce n'est pas de ce côté que des scrupules se sont élevés dans l'esprit des ingénieurs, touchant les avantages économiques que de pareils chemins pourront offrir dans telle ou telle circonstance donnée.

La possibilité d'arriver à de grandes vitesses sur les chemins atmosphériques, ne saurait être l'objet d'un doute chez ceux qui savent avec quelle rapidité l'air se précipite dans le vide. Cependant il ne sera pas superflu de dire ici qu'entre Kingston et Dalkey, le tube de propulsion n'ayant que 39 centimètres de diamètre, on a vu un convoi de 30 tonnes se mouvoir avec une vitesse de 83 kilomètres (21 lieues à l'heure).

Les chemins atmosphériques se recommanderont à ceux qui ont conservé le souvenir de la terrible catastrophe du 8 mai 1842, par l'absence à peu près complète de tout danger. Deux convois ne sauraient y être engagés sur le même tuyau et marcher à la rencontre l'un de l'autre. Le déraillement de la première voiture, de celle qui est directement conduite par la tige du piston, ne

pouvant avoir lieu, le déraillement d'une des voitures suivantes n'amènerait pas, en général, d'accident sérieux : les roues de cette voiture déraillée laboureraient seulement le sol à côté de la voie.

Les convois des chemins atmosphériques, débarrassés des lourdes locomotives du système actuellement en usage, pourront être plus facilement arrêtés par l'action des freins ; les rails, quoique plus légers, éprouveront une détérioration moindre ; sous ce double rapport, il doit y avoir dans le service plus d'économie et de sûreté.

Énumérons maintenant quelques-unes des questions que le chemin de Dalkey a laissées indécises. Voyons quels sont les principaux problèmes dont les expériences projetées pourraient donner la solution.

Les machines fixes font naître, en quelques minutes d'action, une certaine force motrice au sein du tube de propulsion. La force ainsi engendrée s'affaiblit sans cesse ; mais à quel degré en un temps donné ? Dans cet affaiblissement, quelles sont les parts respectives des rentrées d'air par la soupape longitudinale et par le contour circulaire du piston ? On n'a sur ces objets que de grossiers aperçus qui, aujourd'hui, rendent tout calcul exact impossible.

En ce qui concerne les soupapes longitudinales, le chemin de Dalkey ne nous a éclairés à demi que sur celle de M. Samuda. La fermeture de M. Hallette n'y a pas été essayée. A cet égard, tout est à faire. Si les expériences d'Arras réussissent en grand, si les deux *lèvres* artificielles, pour employer l'expression de notre ingénieux compatriote, constituent une fermeture très-hermétique,

les chemins atmosphériques se présenteront sous un jour extrêmement avantageux et nouveau.

Remarquons, toutefois, que l'expérience ne devra pas seulement porter sur les propriétés pneumatiques des deux boyaux gonflés. Il faudra aussi rechercher si les garnitures en cuir que l'inventeur a le projet d'attacher à l'étoffe des deux boyaux, au moins le long des parties qui doivent être en contact avec la tige mobile, s'useront très-vite; si les moyens proposés pour empêcher cette tige de s'échauffer dans son rapide mouvement, rempliront le but. Envisagé de ce double point de vue, le problème exigera que les expériences s'effectuent sur une grande longueur du tube de M. Hallette.

On ignore le rayon d'activité utile des machines à vapeur fixes qui sont destinées à faire le vide dans le tube de propulsion, ou seulement à y opérer une certaine raréfaction de l'air. Ce point est capital. Tant qu'il n'aura pas été éclairci, tant qu'on ne connaîtra pas exactement le nombre de machines fixes nécessaires à l'exploitation des chemins atmosphériques de longueurs données, les valeurs économiques que le calcul fournit pour les divers systèmes n'auront rien de satisfaisant, de démonstratif; il sera impossible de dire avec certitude quelle activité dans la circulation rendrait la locomotion atmosphérique préférable à toute autre.

L'expérience de Dalkey a montré que les machines fixes pourraient être placées avantageusement à 3 kilomètres les unes des autres; mais qu'arriverait-il si les espacements étaient de 5, de 6, de 8 ou de 10 kilomètres? On l'ignore absolument. Cette question a besoin d'être

résolue, si on ne veut pas prononcer en aveugle sur les services qu'il faut attendre du nouveau genre de chemins.

Malgré les efforts très-intelligents de ceux de nos compatriotes qui ont étudié le chemin de Dalkey, il reste encore beaucoup à faire pour évaluer le frottement de la garniture en cuir du piston, sur la couche de suif dont le tuyau de propulsion est revêtu intérieurement, couche qui, pour le dire en passant, supplée à l'alésage. Dans le tube Hallette, il y aura encore à mesurer le frottement de la tige motrice sur le cuir des deux boyaux plus ou moins gonflés. On peut affirmer que ces données, si nécessaires à une appréciation exacte de la propulsion atmosphérique, ne seraient obtenues nulle part avec plus d'exactitude que par les soins de nos habiles ingénieurs.

Le tube de propulsion, dans un chemin atmosphérique de quelque étendue, présentera souvent des solutions de continuité. Le piston aura alors à passer, en vertu de la vitesse acquise, d'un tube dans le tube suivant, et le trajet s'effectuera à travers l'air libre. Nous croyons qu'on s'est jeté dans une exagération manifeste, en assimilant cette manœuvre à celle du jeu de bague : des expériences faites entre Kingston et Dalkey ont montré, en effet, que le passage en question s'opère sans difficulté. C'est un point, toutefois, qui devra figurer sur la première ligne dans le programme des expériences futures. On recherchera avec soin si la forme d'entonnoir donnée aux extrémités en présence de deux tubes contigus, est de nature à prévenir tout accident.

Les chemins atmosphériques fourniront le moyen de franchir toutes sortes de pentes. C'est leur propriété la

plus précieuse, et en même temps la plus évidente. A cet égard aucune expérience ne sera nécessaire. Le calcul donnera, au besoin, avec une exactitude rigoureuse, les poids décroissants que le même degré de vide pourra faire mouvoir sur l'horizontale et sur des lignes inclinées de 10, de 20, de 30, de 50, etc., millimètres par mètre. Il faudra, au contraire, étudier soigneusement les moyens de descendre, sans danger, toutes les déclivités possibles, soit en recourant à des freins ordinaires, soit, ce qui est bien préférable, à l'aide des freins d'air. Le système de M. Hallette offrira de ce côté des ressources précieuses, puisque la fermeture de la fente par des boyaux gonflés reste également imperméable à l'air, pour une pression dirigée de dehors en dedans, et pour une pression s'exerçant de dedans en dehors; puisque, dans ce système, on peut opérer une forte compression de l'air dans le tube de propulsion, sans qu'il s'en échappe une molécule.

Tout est connu et certain, quant à la locomotion atmosphérique le long d'une pente unique à peu près régulière. Il serait imprudent de donner la même assurance, touchant le mouvement qui doit s'opérer dans une série continue de pentes et de contre-pentes sensibles. L'expérience seule pourra éclairer l'ingénieur sur les variations brusques de vitesses et les autres inconvénients que de telles conditions de tracé amèneraient à leur suite.

Jusqu'à quelle limite peut-on faire descendre les rayons des courbes dans le système atmosphérique? Certaines parties du chemin de Dalkey appartiennent à des cercles de 175 mètres seulement de rayon; mais on ne sait pas à combien s'y élève le frottement, mais on y a placé des

contre-rails de sûreté, etc. Cette question offre une importance extrême. Il est bien désirable qu'on l'étudie, en mariant le système atmosphérique aux wagons articulés de M. Arnoux.

Si le piston moteur était semblable à ceux des machines à vapeur, s'il remplissait entièrement le tube de propulsion, s'il reposait de tout son poids sur la partie inférieure de ce tube, on aurait raison de se préoccuper des accidents qui pourraient être la conséquence de l'excessive rapidité de sa marche ; mais la partie métallique centrale de ce piston a un diamètre sensiblement plus petit que le tube de propulsion; mais elle est réellement suspendue à la tige motrice, et, par cet intermédiaire, à la première voiture du convoi, de telle sorte que la circonférence du piston et la circonférence intérieure du tube, sont parfaitement concentriques, ne se touchent nulle part; mais l'intervalle annulaire que ces deux circonférences laissent entre elles, est rempli par une rondelle en cuir, disposée, à fort peu près, comme celle qui entoure le piston des presses hydrauliques. C'est sur les bords de cette rondelle que s'opère, pendant la marche, tout le frottement dans le tube de propulsion. Le cuir doit s'user et s'use en effet rapidement. C'est un point sur lequel devront se diriger les investigations des expérimentateurs. La dépense sera toujours insignifiante, mais les facilités de remplacement méritent de fixer l'attention. M. Samuda estime que les rondelles de cuir de son piston devront être changées toutes les 40 à 50 lieues.

Alors même qu'il résulterait d'une comparaison expérimentale minutieuse, que, sur les grandes lignes, les

locomotives ordinaires doivent être préférées à la propulsion atmosphérique, ce dernier système pourrait avoir des avantages dans tous les cas où, pour franchir une forte rampe, on a recours à des plans inclinés, à des machines fixes, à des cordages. Ce genre d'application devra figurer dans le programme des ingénieurs chargés de présider aux essais. Il faudra étudier soigneusement les moyens de liaison des deux genres de véhicules, pour la montée, et surtout pour la descente des trains.

La commission trahirait toutes ses convictions, si elle ne plaçait pas le système atmosphérique de M. Pecqueur parmi ceux qui méritent d'être étudiés expérimentalement. Peut-être réussirons-nous à donner une idée générale de ce système, sans avoir besoin d'appeler à notre aide des considérations techniques.

La locomotive ordinaire marche par l'action de la vapeur d'eau, portée à quatre ou cinq atmosphères de pression. Cette vapeur lui est fournie par une chaudière tubulaire d'un volume nécessairement considérable, car la machine consomme beaucoup. L'eau et le charbon du tender sont destinés à fournir à cette consommation.

De l'air très-élastique ferait dans la machine de la locomotive le même effet que la vapeur. De là l'idée de substituer à la chaudière une caisse en fer où, avant le départ de la gare, on aurait comprimé l'air à un très-haut degré. Cette caisse, déjà presque vidée, devait être remplacée, à la première station du convoi, par une seconde caisse à air comprimé, et ainsi de suite.

L'idée était assurément très-plausible. Cependant, jusqu'ici elle n'a pas réussi. De l'air énormément comprimé

ferait naître des dangers d'explosion. Il fallait donc employer des caisses d'une très-grande épaisseur, et alors, du côté de la légèreté, l'avantage n'était pas aussi considérable qu'on l'avait espéré. Nous laissons à l'écart d'autres difficultés qui ont aussi leur gravité.

A ces caisses lourdes, dangereuses, et qui seraient inévitablement des causes de retard à toutes les stations, M. Pecqueur substitue un tube indéfini, placé sur le sol entre les rails, et dans lequel il comprime l'air à l'aide de machines à vapeur fixes, établies de distance en distance le long de la voie, comme cela est aussi nécessaire dans le système atmosphérique, par le vide, du chemin de Kingston à Dalkey. La locomotive de M. Pecqueur, portant sur les rails par ses roues, à la manière des locomotives ordinaires, puise dans le tube intermédiaire, au fur et à mesure de sa marche, tout l'air dont elle a besoin pour fonctionner. Cet air, il est à peine nécessaire de le dire, n'a subi ici, dans le tube indéfini, qu'une compression très-limitée : une compression de quatre à cinq atmosphères, si c'est à ces degrés d'élasticité qu'on désire marcher.

Voilà l'idée générale ; mais c'est par les détails, surtout, que brille la machine de M. Pecqueur. Rien de plus ingénieux, de mieux entendu, de plus complet, que les dispositions des tuyaux, des soupapes, à l'aide desquels la machine s'alimente en marchant. Sous ce point de vue, l'œuvre a répondu à tout ce qu'on devait attendre de l'inventeur.

Le petit tronçon de chemin que la commission a vu, rue Neuve-Popincourt, suffira pour faire apprécier les

divers genres de soupapes dont M. Pecqueur se sert; mais il est d'autres questions qui ne pourront être tranchées que par des expériences en grand. Nous placerons au premier rang de ces questions la recherche des effets des très-grandes vitesses sur le clavier, à l'aide duquel M. Pecqueur ouvre toute sa série de soupapes.

En ne consacrant pas une petite somme à l'étude de ce nouveau système de propulsion, nous courrions le risque, Messieurs, de voir, comme cela n'est que trop souvent arrivé, une belle, une très-ingénieuse invention française nous revenir par l'étranger.

La commission s'est associée avec empressement aux idées qui ont déterminé M. le ministre des travaux publics à présenter le projet de loi. Mais, à notre avis, ce projet aura peu d'utilité, si les expériences n'étant pas finies ou très-avancées dans les premiers mois de la prochaine réunion des Chambres, il devenait impossible de s'éclairer des vives lumières qu'un si important travail est destiné à répandre sur la question des tracés.

La nécessité de changer les règles actuelles, ou même, suivant les circonstances, le système de locomotion, semble aujourd'hui généralement reconnue, au moins sous le rapport de l'économie; sans cela, nous la rendrions évidente, en empruntant quelques chiffres aux projets de chemins de fer de Bordeaux et de Strasbourg.

Messieurs, faisons les essais qui amèneront forcément de grandes diminutions de dépense, mais faisons-les promptement. Il y va de la fortune de la France.

La Chambre comprendra, d'après cet ensemble de considérations, comment sa commission, quoique déci-

dée à n'apporter aucun amendement à la loi, a cherché, dans le cercle de ses informations, en quel lieu les expériences projetées seraient faites le plus promptement possible, et dans les meilleures conditions.

Le plateau de Satory, près de Versailles, ne lui semble pas très-favorable. Quatre kilomètres surpassent seulement d'un tiers la longueur du chemin de Dalkey; dans cette localité, les nouveaux essais ne seraient pas même une répétition avantageuse des expériences faites en Irlande, car de Kingston à Dalkey il n'y a pas, comme à Satory, des pentes presque uniformes; le chemin parcourt une contrée difficile, et les ingénieurs l'ont plié presque exactement aux ondulations naturelles du terrain.

Aux environs de Saint-Cyr, il y aurait d'ailleurs des propriétaires à déposséder, et les formalités légales de l'expropriation feraient perdre un temps précieux.

Aux portes de Paris, nous voyons, au contraire, un terrain, la berge droite du canal de l'Ourcq, que l'administration de ce canal mettrait, dès demain, à la disposition du gouvernement.

De la gare circulaire de la Villette à Sevran, on aurait un intervalle de 12 kilomètres, susceptible d'être étendu au besoin. En descendant de la berge dans la plaine, et remontant ensuite de la plaine sur la berge, les ingénieurs trouveraient le moyen de faire leurs expériences sur des pentes de 10, de 20 et même de 30 millièmes. A Bondy, on pourrait descendre à 4 mètres en contre-bas du chemin de halage, et revenir à 4 mètres en contre-haut pour passer au-dessus du chenal de la voirie. Gravir le pont de Sevran, ce serait s'élever presque brusquement

de 7 mètres. Enfin, en combinant ces pentes et contre-pentes, avec des courbes et des contre-courbes d'un petit rayon, on accumulerait, sur un espace borné, plus de difficultés que jamais aucun ingénieur n'en rencontrerait dans un tracé de chemin de fer à travers le pays le plus accidenté.

M. le ministre des travaux publics et M. Legrand se sont rendus au sein de la commission. Ils ont déclaré de nouveau qu'aucune localité n'avait été définitivement choisie pour devenir le théâtre des expériences projetées. La plateau de Satory leur souriait, parce que le chemin de Chartres y devra nécessairement passer, parce qu'en cas de complète réussite, les tubes atmosphériques pourraient être laissés en place et devenir le moyen habituel de franchir une pente rapide dans un chemin en exploitation; parce qu'il y a quelque chose de pénible dans la pensée d'établir à grands frais des rails, des tubes de propulsion et des machines à vapeur qui, après les essais, devraient être enlevés.

La commission, tout en appréciant la justesse des vues et des impressions de M. le ministre, a considéré, que l'expérience, pour être instructive et concluante, devra offrir, dans un espace resserré, des difficultés de pentes et de courbes créées à dessein, des difficultés que le terrain naturel aurait probablement permis d'éviter. Le chemin expérimental ne se trouvera donc pas dans les conditions avantageuses qu'il eût été possible de donner au chemin d'exploitation; il ne pourra en général être conservé.

Par une exception, le chemin d'épreuve de la berge

droite du canal de l'Ourcq, échapperait, si on le voulait, à une destruction complète. La commission a reçu, en effet, de la Compagnie des canaux de Paris, un engagement conçu en ces termes :

« Si l'expérience est faite par le gouvernement, sur la berge du canal, depuis la gare circulaire jusqu'à Sevran, nous nous engageons à reprendre au prix d'un million les travaux et le matériel qu'il nous sera peut-être possible d'utiliser pour le service de la navigation et des voiries. »

Cette proposition nous semble mériter un examen sérieux. Une réduction de moitié sur le montant de la dépense projetée, ne serait pas à dédaigner. Toutefois, des considérations d'économie sont ici secondaires. Mettre dès les premiers mois de l'année prochaine, la Chambre, le pays tout entier, en mesure de faire une part éclairée aux systèmes de locomotion atmosphérique, voilà le principal. Le meilleur emplacement est, à nos yeux, celui qui permettra d'entreprendre et de compléter les expériences dans le plus bref délai. C'est, à ce titre, que la commission verrait avec une satisfaction réelle, M. le ministre faire tomber son choix sur la berge du canal de l'Ourcq. Il est bien entendu que ce vœu serait comme non avenu, si l'administration découvrait, contre toute probabilité, un lieu où les essais pussent être tentés dans des conditions plus favorables, et, surtout, plus tôt que le long du canal.

Sous le bénéfice des observations qui précèdent, la commission propose à la Chambre d'adopter le projet de loi.

[Le rapport qui précède a donné lieu à une courte discussion que nous extrayons du *Moniteur* du 19 juillet 1844.]

M. Dumon, *ministre des travaux publics*. Le gouvernement a eu l'honneur de déclarer devant la commission, comme il le déclare maintenant devant la Chambre, qu'il demandait qu'on lui réservât une entière liberté pour le choix du lieu où se fera l'essai du système atmosphérique, et, certainement, si le choix des berges du canal de l'Ourcq avait pour résultat d'engager la tête de ligne du chemin de fer de Strasbourg, ce serait pour le gouvernement une raison décisive de renoncer à l'expérience sur ce point.

M. de la Rochejaquelein. Je demande à présenter une observation. Nous avons tous été frappés de ce que nous a dit l'honorable M. Dilhan sur un nouveau système de chemin qui s'appelle *système Jouffroy*. Il s'agit d'expérimenter en ce moment toutes les nouvelles inventions pour les chemins de fer. J'ai été étonné que M. Arago, dans son rapport, ne nous ait pas parlé du système Jouffroy.

Je désirerais connaître l'opinion du savant M. Arago sur ce système, et savoir aussi si M. le ministre des travaux publics croit qu'on doive prendre en quelque considération une découverte qui, aux yeux de beaucoup de personnes, a une très-grande importance.

M. Arago, *rapporteur*. Il n'a point été question dans le rapport du système de M. de Jouffroy, parce que le rapport sur le chemin de fer atmosphérique est relatif à une modification dans la force motrice, et non pas dans le matériel des chemins de fer.

Le système de M. de Jouffroy peut être comparé au système de M. Arnoux. Si M. de Jouffroy se présentait devant la chambre dans les conditions de M. Arnoux, s'il demandait qu'on fît une expérience sur son système, il y a assurément dans ce qu'on en a vu des choses assez séduisantes, des moyens de sûreté assez précieux, pour que toutes les personnes qui désirent voir faire des progrès à la question des chemins de fer s'associent à la pensée qu'a eue M. de la Rochejaquelein en me questionnant.

Si donc M. Jouffroy se présentait dans les mêmes con-

ditions que M. Arnoux, je serais certainement des premiers à demander que l'on fît l'essai de son système; mais je prie M. de la Rochejaquelein de remarquer que le système de M. de Jouffroy consiste en une modification dans le matériel, et non point en une modification de la force motrice; ce dont il s'agit aujourd'hui, c'est d'une modification radicale dans les chemins de fer, c'est d'une modification dans l'essence même des chemins de fer, dans la force motrice; elle consiste à substituer l'atmosphère à la vapeur, à substituer des machines fixes à des machines mobiles. Il n'y a rien de cela dans le système de M. de Jouffroy.

Au reste, j'ai appris que l'administration avait hésité à faire ce que désire M. de Jouffroy par une raison qui ne subsistera pas longtemps. Le système de M. de Jouffroy a été présenté à l'Académie des sciences; j'ai pris vis-à-vis de M. le ministre l'engagement de hâter le rapport le plus possible. Une opinion raisonnée, complète, étudiée, du système Jouffroy ne tardera pas à être publiée.

M. LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS. Le système de M. de Jouffroy, comme celui de M. Arnoux, modifie les conditions auxquelles, pendant longtemps, on a attaché les garanties de la sûreté publique, c'est-à-dire l'inclinaison des pentes et le rayon des courbes; ces modifications peuvent s'opérer sans inconvénient, si l'on substitue aux anciennes garanties des garanties nouvelles et revêtues d'une sanction suffisante.

Or, le système de M. Arnoux a cet avantage d'avoir obtenu cette sanction. Lorsque j'ai présenté à la Chambre un projet ayant pour objet l'essai du système de M. Arnoux, ce système avait obtenu un avis favorable de l'Académie des sciences et du conseil général des ponts et chaussées.

C'est la double approbation que ce système avait obtenue de ces deux corps, qui m'a déterminé à présenter le projet à la Chambre.

Mais le système de M. de Jouffroy ne réunit pas encore ces conditions; il n'a pas été soumis à l'Académie et au conseil des ponts et chaussées, et tant qu'il n'aura pas leur approbation, il ne me sera pas possible de proposer à la Chambre un projet à cet égard.

Si les épreuves auxquelles sera soumis ce système lui sont favorables, s'il résulte de ces épreuves que l'expérience peut en être faite sans danger, je serai tout disposé à proposer aux Chambres d'en autoriser l'essai aux mêmes conditions que pour le système de M. Arnoux.

M. Arago. En ce qui me concerne, je dirai à M. le ministre qu'il n'attendra pas longtemps [1].

M. le Président. Je consulte la Chambre pour savoir si elle entend passer à la discussion des articles.

(La Chambre passe à la discussion des articles.)

M. Arago. Dans le projet de loi, il était à peu près entendu que l'essai serait fait par le gouvernement. Dans le rapport, nous avons indiqué la promptitude de l'expérience comme la chose capitale. Il nous avait semblé que l'expérience se ferait le plus promptement possible par l'intermédiaire d'une compagnie qui aurait des locaux, mais nous n'avons rien voulu prescrire.

Après avoir examiné le rapport, le gouvernement a pensé qu'il était possible de faire au premier article une modification dont je vais donner lecture.

M. Legrand, *sous-secrétaire d'État des travaux publics.* Une addition !

M. Arago. Oui, une addition, afin que vous ayez une entière liberté.

En voici les termes :

1. Ainsi que M. Arago s'y était engagé, dès que le système de M. de Jouffroy eut pu être expérimenté sur une échelle suffisante, un rapport, rédigé par M. Cauchy, a été fait à l'Académie des sciences (séance du 16 novembre 1846).

« L'essai pourra être fait, soit directement par l'État, soit par une compagnie à ses risques et périls, moyennant subvention de toute ou partie de la somme mentionnée au paragraphe précédent. »

Puis, viendrait comme art. 2 :

« Le lieu de l'essai sera désigné par une ordonnance royale.

« Le ministre des travaux publics pourra, en vertu de cette ordonnance, requérir, s'il y a lieu, conformément aux titres 2 et suivants de la loi du 3 mai 1841, l'expropriation des terrains nécessaires à l'exécution des travaux. »

La chambre voit qu'avec cette addition le Gouvernement conserve une liberté entière, et qu'il pourra adopter la proposition qui présentera le plus d'avantages.

[Après ces explications, la Chambre des députés a adopté à la presque unanimité le projet de loi.

Le gouvernement ayant décidé que l'essai des systèmes atmosphériques aurait lieu sur le chemin de fer de Saint-Germain, M. Arago a prononcé le discours suivant dans la séance de la Chambre des députés du 20 juin 1845.]

Vous avez entendu dans la séance d'hier la discussion qui s'est élevée et à laquelle ont pris part M. Corne et M. le ministre des travaux publics. Il s'agissait d'examiner si le traité qui a été passé avec la compagnie du chemin de Saint-Germain était conforme à la loi votée dans la dernière session, concernant des expériences à faire sur les chemins atmosphériques.

J'avoue que, malgré tous mes efforts, je n'ai jamais compris ce traité; que je n'ai pas réussi à y voir une déduction logique de la loi. Il me semble que mon titre

de rapporteur de la commission qui fut appelée à s'expliquer sur des expériences à tenter relativement aux chemins de fer atmosphériques, m'impose le devoir de présenter à la Chambre quelques réflexions. Ce n'est pas un discours que j'apporte ici; ce sont des observations très-courtes; je n'abuserai pas des moments de l'Assemblée.

Messieurs, quel était le but de la loi en question? Ce but est défini de la manière la plus claire dans un passage de l'exposé des motifs.

Voici ce passage : « Nous pensons qu'il convient d'expérimenter les deux systèmes : aussi nous nous proposons d'établir un chemin à deux voies, et d'affecter une des deux voies au système français et l'autre au système anglais. »

Je ne ferai aucune réflexion sur la critique que M. le ministre a adressée à l'honorable M. Corne, qui s'était servi des expressions « système anglais et système français. » La chambre voit que M. Corne avait emprunté cette expression à M. le ministre lui-même; mais je dirai que l'on ne construit pas deux voies, et, ce qui est également évident, qu'on ne fait pas d'expériences. Le but manifeste de la loi est méconnu, éludé.

En votant des expériences, la chambre entendait qu'on essaierait différents modes de construction et d'action, de manière à constater ce qui devrait être préféré. Fait-on cela sur le chemin de Saint-Germain? En aucune manière. On exécute un chemin, entre cette ville et Nanterre, d'après des idées préconçues d'ingénieurs très-habiles attachés à la compagnie. Tout ce qui est en dehors de ces idées ne sera pas essayé.

Voici quelque chose de plus sérieux encore :

Les chambres avaient décidé que le système de M. Hallette offrait d'assez grandes chances de réussite, pour qu'on dût l'essayer aux frais de l'État. Une partie des 1,800,000 fr. votés devait être employée à ces essais. Eh bien, le traité passé avec la compagnie de Saint-Germain soumet le système de M. Hallette à une expérience préalable.

Pour avoir droit à une part des 1,800,000 fr., pour avoir le droit de faire essayer son système, M. Hallette doit préalablement exécuter à ses frais certaines expériences : il faut que ces expériences réussissent. Est-ce, par hasard, que cela était dans la loi? est-que cette condition d'une expérience préalable avait été prévue, stipulée? est-ce que M. le ministre n'était pas parfaitement sûr, quand il présenta le projet de loi, que le système de M. Hallette méritait d'être essayé?

On nous dira peut-être : Ce n'est pas entièrement à ses frais que M. Hallette essaiera son système. Effectivement, la compagnie de Saint-Germain est tenue de lui prêter 300 mètres de rails.

M. LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS. Je répondrai.

M. ARAGO. D'après les conditions du traité, je les ai très-présentes à la mémoire, la compagnie de Saint-Germain doit prêter 300 mètres de rails à M. Hallette.

On prêtera aussi quelque chose à cet ingénieur pour opérer le vide dans un tube de propulsion qu'il devra exécuter à ses frais; on lui prêtera quoi? messieurs, une locomotive. Mais a-t-on réfléchi que c'est peut-être la

plus mauvaise de toutes les machines, quand il s'agit de faire le vide dans une grande capacité ?

M. le ministre avait à moitié raison lorsqu'il réfutait hier l'honorable M. Corne sur ce point particulier. M. Corne, en effet, avait commis une petite erreur. Il n'avait pas bien compris quel était le but de la locomotive concédée. Mais M. le ministre lui-même n'était pas dans le vrai, ce me semble, quand il affirmait qu'on avait fait à M. Hallette un magnifique cadeau en lui confiant une locomotive comme machine destinée à opérer le vide. La locomotive a une tout autre destination ; elle peut être excellente pour traîner des convois, et fonctionner très-mal comme machine d'épuisement.

L'expérience préalable qu'on exige de M. Hallette, contrairement à la loi, entraînerait de grandes dépenses.

Cependant, ce serait seulement après que M. Hallette aurait réussi dans l'expérience préalable qu'on lui impose, qu'on essaierait le système français sur une étendue de 1,000 mètres, aux frais de l'État, je me trompe, aux frais de la compagnie de Saint-Germain, qui a touché les 1,800,000 fr., ou doit les toucher.

Qu'arriverait-il, Messieurs, si l'expérience préalable de M. Hallette ne réussissait pas, au jugement d'une commission nommée par le ministre?

Les 1,000 mètres coûteraient de 200,000 à 300,000 fr. Tout le monde s'imagine, sans doute, que si l'on ne faisait pas l'expérience de 1,000 mètres, on réduirait de 200,000 à 300,000 fr. la somme accordée à la compagnie de Saint-Germain. On se tromperait ; la compagnie bénéficierait des 200,000 à 300,000 fr., c'est-à-dire de

toute la dépense qu'elle aurait dû faire, et qu'elle ne ferait pas, pour essayer le système de M. Hallette.

J'avoue que cette disposition me paraît incompréhensible. J'ai la plus grande confiance dans les intentions de M. le ministre; je suis certain qu'il voulait que l'expérience réussît, mais je ne vois pas quels motifs plausibles ont pu l'entraîner à admettre plusieurs des dispositions renfermées dans le traité conclu avec la compagnie de Saint-Germain.

L'expérience préalable à laquelle on veut astreindre M. Hallette me revient toujours à l'esprit; je me demande s'il serait survenu, depuis le moment où M. le ministre présenta la loi, quelque renseignement qui l'eût fait douter de la bonté du système. Pour moi, je puis produire l'opinion d'un ingénieur habile, qui est une autorité en pareille matière, M. William Cubitt. J'ai là une lettre qui a été écrite par M. Cubitt au maire de Boulogne, M. Adam. Le célèbre ingénieur déclare que le système de M. Hallette lui paraît très-digne d'être essayé.

La première détermination de M. le ministre était favorable; nous nous proposons, disait-il, d'établir un chemin à deux voies et d'affecter une des voies au système français, l'autre au système anglais. C'est après cette déclaration formelle, c'est après le vote de la Chambre, c'est après la promulgation de la loi, que nous voyons M. le ministre imposer à M. Hallette des conditions léonines. On s'y perd.

Supposons maintenant que l'expérience de M. Hallette réussisse, malgré les résistances de la compagnie de Saint-Germain, résistances qui commencent déjà à se

manifester; qu'accordera-t-on à l'ingénieur d'Arras? 1,000 mètres. Je déclare que ces 1,000 mètres sont complétement insuffisants pour résoudre les questions pendantes, les questions que nous avons signalées dans rapport de la commission.

Que fallait-il particulièrement essayer? Il fallait essayer l'effet des pentes et des contre-pentes. Il n'y en a pas dans la localité désignée; il fallait surtout essayer si la pièce destinée à écarter les deux lèvres de la fermeture de M. Hallette, si les deux boyaux ne s'échaufferaient pas considérablement lorsque la marche des convois serait très-rapide. Avec 1,000 mètres de longueur, cette question n'est pas même abordable. En effet, à peine parvenu à 500 mètres de distance, il faudrait ralentir la marche pour éviter les accidents qui arriveraient à l'extrémité. L'expérience se ferait donc dans des conditions de vitesse inefficaces. La commission que vous avez envoyée à Arras, la commission, composée d'ingénieurs des ponts et chaussées, qui s'est transportée chez M. Hallette, a déclaré, je crois, que l'essai du système français méritait d'être fait; mais elle a dit en même temps qu'en n'opérant que sur 1,000 mètres, on aurait des résultats insignifiants qui ne prouveraient rien, qui ne résoudraient aucune des questions sur lesquelles l'esprit public peut être encore en suspens. Vous le voyez, Messieurs, cette affaire n'a pas été bien conduite. Je ne parle pas des intentions, je le déclare avec sincérité, je crois qu'elles étaient excellentes; mais les conditions qu'on a admises, que l'on a souscrites au profit de la compagnie de Saint-Germain, ne produiront aucun bon résultat.

La Chambre a voulu que la question pendante entre le système anglais et le système français fût résolue; vous voyez qu'elle ne le sera pas.

M. le ministre vous a présenté hier un exposé très-élégant, je m'empresse de le reconnaître, des questions dont il s'est préoccupé; mais, qu'il me permette de le lui dire, il a pris le problème par le petit bout. Que sont, par exemple, les passages à niveau dont on a tant parlé? Est-ce par hasard que les moyens de les effectuer ne devraient pas exister dans le système de M. Hallette tout aussi bien que dans celui de MM. Clegg et Samuda?

Il y a, dans les vues qui ont présidé à la rédaction du traité que je critique, une erreur capitale, et la voici: M. le ministre paraît avoir cru que la véritable question à résoudre est celle de savoir si on pourra gravir de fortes pentes. Cette question est résolue, complétement résolue. J'ai eu l'honneur de dire à M. le ministre, dans une conférence qu'il a bien voulu m'accorder, que je ferai tout ce qu'il cherche, avec 15 fr. de dépense, prix de la table de logarithmes, ou même sans rien dépenser, car les tables de Callet existent dans toutes les bibliothèques. Pour avoir le poids qu'on pourra soulever sous telle ou telle pente, on n'a qu'à consulter une table fort connue, la table de logarithmes; il suffit de prendre dans cette table de simples cosinus, pour avoir les effets utiles sous toutes les inclinaisons possibles.

En résumé, je me répète, car je voudrais bien que la Chambre se pénétrât de mon objection, en obligeant M. Hallette à une expérience préalable, en soumettant son système à une des épreuves dont cet habile ingénieur

devra supporter les frais, M. le ministre a fait une chose qui n'était indiquée dans le projet de loi ni implicitement ni explicitement. Le système de M. Hallette, l'exposé des motifs est là, j'en ai lu un passage très-catégorique, devait être examiné concurremment avec le système de MM. Clegg et Samuda; ils devaient être essayés tous les deux parallèlement sur des longueurs égales, sur deux voies toutes semblables; cela se fera tout autrement.

On s'étonne beaucoup en Angleterre de la manière dont les expériences sont dirigées.

Lorsqu'on proposa le projet de loi, il n'y avait, chez nos voisins, qu'un seul chemin atmosphérique : celui de Kingston à Dalkey. Ce chemin était fort court; il n'avait pas une longueur développée de cinq kilomètres. Maintenant les ingénieurs anglais construisent des chemins atmosphériques plus étendus. M. Cubitt en exécute un entre Croydon et Epsom. Probablement on procédera bientôt à celui qui réunira Londres à Portsmouth.

Les Anglais feront sur une grande échelle l'expérience du chemin anglais; il devait donc suffire d'envoyer des ingénieurs sur l'autre rive du détroit pour en être témoins. De notre côté, nous aurions fait sagement d'expérimenter le système de M. Hallette, le système français.

On fait précisément le contraire, et même avec cette circonstance, que les essais grandioses de Saint-Germain ne décideront rien, n'éclaireront aucune compagnie.

On ne veut évidemment rien essayer de français, et, cependant, il y a eu chez nous des inventions dignes d'intérêt, celle de M. Pecqueur, par exemple.

Sur cette matière, nos compatriotes ont été plus fé-

conds en inventions ingénieuses et d'un succès probable, qu'on ne l'a été dans aucun autre pays. S'il le fallait, je citerais le système si remarquable de M. Chameroy, la fermeture purement métallique du tube, imaginée par M. Hédiard, et qui paraît avoir tant d'avenir. Résignons-nous, Messieurs, tout cela ne sera pas essayé; la compagnie du chemin de Saint-Germain a absorbé les fonds. Au reste, elle en consacre maintenant une notable partie à faire un pont sur la Seine. (Rires à gauche.) Est-ce bien là, je vous le demande, ce que vous entendiez voter?

La commission d'ingénieurs que M. le ministre a envoyée à Arras, tout en proposant de rejeter comme insuffisant l'essai projeté sur 1,000 mètres, propose, je crois, de faire exécuter aux frais de l'État et d'après le système Hallette, une portion du chemin destinée à joindre les différentes gares, le chemin qui irait de la gare de Rouen à la gare du chemin du Nord. La dépense a été évaluée à 1 million.

Messieurs, personne ne désire plus que moi qu'une grande expérience se fasse d'après le système de M. Hallette. Cependant j'hésiterais à voter la somme que la commission propose.

Je le dis pour la troisième fois et en toute sincérité, je crois que M. le ministre a les intentions les plus loyales; mais en vérité, après tout ce qui est arrivé, j'aurais peur que le nouveau million n'allât aussi s'engloutir dans la caisse de la compagnie de Saint-Germain.

[Le ministre des travaux publics ayant répondu qu'il s'agissait de faire non pas des expériences scientifiques, mais des expériences exécutées au point de vue industriel, M. Arago a répliqué en ces termes :]

Je demande la permission de faire quelques observations sur le discours que vous venez d'entendre.

M. le ministre a établi une distinction perpétuelle entre ce qu'il appelle une expérience scientifique et une expérience industrielle. Je serais fâché que M. le ministre donnât son approbation à des expériences industrielles, s'il appelle ainsi celles qui ne sont pas éclairées par les lumières de la science.

M. le ministre n'a pas répondu à une considération sur laquelle j'avais cru devoir insister. Le système anglais est maintenant à l'essai en Angleterre sur une grande échelle; il semble donc inutile que nous l'essayions nous-mêmes: nous profiterons de la peine qu'on prend et de la dépense considérable que les expériences extraîneront. Il semblerait, au contraire, très-convenable d'essayer chez nous le système français, dont les Anglais ne s'occupent pas. Ne croyez point qu'ils le dédaignent : M. Cubitt, un des hommes les plus éminents en matière de chemins de fer, s'est prononcé catégoriquement à ce sujet; il attendait avec impatience les expériences du système français. Au lieu de cela, nous lui renverrons des essais du système Samuda, sur lequel nous n'avons rien à lui apprendre. Ces remarques sont restées sans réponse.

M. le ministre. Les Anglais opèrent sur des terrains à niveau.

M. Arago. Vous me permettrez, Monsieur le ministre, de n'être pas de votre avis sur l'importance des pentes. Vous avez insisté sur une condition qui n'est nullement nécessaire, celle de monter des pentes rapides avec une vitesse égale à celle du parcours horizontal. Cette condition, je ne pense pas que personne y tienne. Je ne crois

pas qu'on fût disposé à dédaigner le chemin de fer de Saint-Germain, alors même que, dans l'ascension, on aurait gravi la colline avec une vitesse un peu atténuée. Dans tous les cas, des moyens de donner, le long des pentes, de plus grandes dimensions aux tuyaux propulseurs, ont été proposés par M. Hallette, et c'est précisément cela que vous n'essayez pas.

M. le ministre place sans cesse dans un jour secondaire l'essai de la soupape longitudinale; c'est là au contraire toute la question. Si la soupape garde bien le vide, le chemin atmosphérique aura des avantages incontestables sur les chemins de fer ordinaires. On dédaigne le point culminant du problème.

Parmi tous les essais énumérés dans le rapport, j'avais placé la nécessité de s'assurer que, quand on marcherait à des vitesses de vingt à vingt-quatre lieues, la navette qui ouvre les deux lèvres du tube, dans le système de M. Hallette, ne s'échaufferait pas outre mesure. J'ai affirmé que cette expérienee ne pourrait pas se faire sur un parcours de 1,000 mètres. Qu'a-t-on répondu? Rien.

Vous avez dû remarquer, Messieurs, que les deux Chambres, que les trois pouvoirs de l'État, avaient décidé que le système de M. Hallette serait essayé; que M. le ministre n'avait nullement parlé de l'obligation qui pourrait être imposée à M. Hallette de faire à ses frais une expérience préalable. L'objection est restée sans réponse.

J'ai clairement établi, je crois, qu'on ne fait pas ce que la loi a voulu. La loi a voulu une expérience, et l'on ne fait pas d'expérience; on exécute un chemin dans une idée préconçue qui pourrait bien ne pas réussir,

sans qu'on eût le droit d'en tirer aucune conséquence contre les chemins atmosphériques construits plus modestement, avec des machines de moindre dimension, plus ou moins espacées.

M. le ministre a fait allusion à une idée qui lui avait été soumise dans le sein de la commission. Cette idée n'émanait pas du rapporteur; je prie M. le ministre de n'en plus parler que comme d'une proposition de la commission tout entière. Elle a été formulée dans le rapport; je vais en donner lecture à la Chambre. La compagnie dont il est question est celle des canaux de Paris; tout le monde sait qu'elle est en mesure de faire honneur à sa signature:

« Si l'expérience est faite par le gouvernement sur la berge du canal, nous nous engageons à reprendre aux prix d'un million les travaux et le matériel, qu'il nous sera peut-être possible d'utiliser pour le service de la navigation et des voiries. »

Notez, Messieurs, que la compagnie s'engageait à faire l'essai de tous les systèmes.

Voilà les remarques que je voulais présenter à la Chambre. Je n'ajoute plus qu'une réflexion.

M. le ministre affirmait que l'expérience de Saint-Germain dirait le dernier mot sur les systèmes de chemins de fer atmosphériques. Il aurait été plus vrai et plus prudent de ne parler que du système adopté par les ingénieurs de la compagnie de Saint-Germain. Le système atmosphérique, considéré en général, pourrait avoir un bel avenir, même après l'insuccès complet de ce qu'on tente près de Paris.

# IX

## EXPLOSIONS DES CHAUDIÈRES DES BATEAUX A VAPEUR ET DES LOCOMOTIVES

[Dans la séance de la Chambre des députés du 24 juin 1837, M. Arago a prononcé le discours suivant où il a traité à la fois des explosions des chaudières des bateaux à vapeur et de celles des locomotives, et où il a aussi mis en lumière la belle invention de M. Séguin sur les chaudières tubulaires.]

M. LE PRÉSIDENT. L'ordre du jour appelle la discussion du projet de loi relatif au chemin de fer d'Épinac au canal du Centre.

M. BARBET. Je demanderai à M. le ministre des travaux publics, au sujet des chemins de fer, une courte explication.

Vous avez tous entendu parler de l'accident récent qui vient d'arriver en Angleterre sur un bateau à vapeur dont la machine a fait explosion. Nous avons entendu M. le ministre des travaux publics, et nous croyons avoir la certitude qu'il a pris toutes les précautions nécessaires pour les questions d'art, de courbes, et pour tout ce qui concerne les chemins de fer.

M. ARAGO. Je demande la parole.

M. BARBET. Nous ne savons pas, et nous devons cependant désirer savoir s'il a fait faire des travaux preparatoires pour obtenir toutes les garanties possibles dans la construction des machines locomotives.

Je prie M. le ministre du commerce de vouloir bien nous donner à cet égard quelques explications, car c'est un point fort essentiel pour rassurer les esprits, quant à l'usage des nouvelles voies de communication.

(M. le ministre des travaux publics se dirige vers la tribune; mais il cède la parole à M. Arago.)

M. ARAGO. Le fait cité par l'honorable M. Barbet est très-vrai, Messieurs; tout récemment il est arrivé en Angleterre, dans le port de Hull, un évènement déplorable. La chaudière d'un bateau à vapeur qui était encore à l'ancre, qui se préparait seulement à partir, a fait

explosion : le bateau a été partagé en deux; cent vingt personnes, je crois, ont été tuées ou grièvement blessées; quelques-unes avaient été lancées à de grandes hauteurs. Le corps d'un des passagers a été trouvé, dit-on, sur le toit d'une maison. Je ne rappellerai pas toutes les scènes de cet évènement sinistre, je dirai seulement que l'administration française s'était très-sérieusement occupée des moyens d'empêcher que rien de semblable n'arrivât sur nos bateaux; que M. le ministre du commerce avait même préparé à ce sujet un projet de loi qui devait vous être présenté dans cette session. M. le ministre a cru devoir consulter l'Académie des sciences; il l'a chargée d'examiner toute la série de dispositions que les besoins de la sûreté publique réclament.

La commission de l'Académie, j'ai l'honneur d'en faire partie, s'est occupée et s'occupe encore de la question avec une juste sollicitude. Il lui a paru que les procédés de sûreté indiqués dans la loi n'embrassaient pas tous les éléments du problème. La vapeur se présente non-seulement dans les machines ordinaires, mais aussi dans les machines locomotrices, comme une sorte de Protée; le même moyen de sûreté ne saurait pourvoir à toutes les causes possibles d'accident; ces causes, il faut les combattre séparément.

Le projet de la commission ministérielle serait excellent si, comme elle l'a supposé, les explosions n'avaient lieu qu'à la suite d'un développement graduel de la force élastique de la vapeur; malheureusement cela n'est pas.

Il arrive souvent que les chaudières font explosion à l'instant même où la machine qu'elles alimentent marche

à peine, à l'instant où les ouvriers témoignent leur regret de n'avoir pas à leur disposition la force motrice qui leur permettrait de gagner une journée ordinaire.

Il est arrivé aussi, et par la même raison, que sur les bateaux à vapeur, la chaudière a éclaté au moment où l'extrême lenteur de la marche des palettes devait faire supposer que la vapeur avait pris très-peu de ressort.

Dans tous ces cas il se manifeste des changements subits d'élasticité, et cela par une cause que j'indiquerai en deux mots :

Dans la chaudière, l'eau vaporisée est sans cesse remplacée par celle qu'amène une pompe connue sous le nom de pompe alimentaire.

Quelquefois cette pompe se dérange; quelquefois l'eau injectée n'est pas l'équivalent de l'eau transformée en vapeur et consommée par le jeu de la machine; alors le niveau baisse, une portion des parois de la chaudière rougit. Si, ensuite, le dérangement de la pompe alimentaire vient à cesser, il se forme subitement par le contact de l'eau et du métal incandescent, des torrents de vapeur, à l'écoulement desquels la soupape ordinaire ne suffit pas.

Il faut donc, il faut impérieusement empêcher que l'eau baisse dans la chaudière au-dessous du niveau que le constructeur lui avait assignée. Plusieurs procédés peuvent conduire à ce but; des essais en grand nous mettront à même de choisir le meilleur.

Dans la recherche des moyens de sûreté, la France a fait de véritables progrès; aujourd'hui l'Amérique s'en occupe sérieusement, si j'en juge d'après le travail que

la *Franklin institution* vient d'entreprendre par les ordres du congrès.

L'Angleterre, enfin, devra entrer aussi dans la carrière, car toutes les corporations du Yorkshire, frappées de stupeur par l'effroyable tragédie de Hull, adressent des pétitions au parlement.

Quant à nous, Messieurs, il nous a semblé que nous devions attendre pour présenter notre travail au ministère, qu'il eût acquis toute la perfection que la science comporte. Le retard était d'autant plus excusable que la France, je le répète, est sans contredit le pays où, jusqu'ici, les moyens de sûreté contre les explosions ont été le mieux établis.

Au reste j'espère, au nom de mes confrères, pouvoir prendre avec la Chambre et avec le ministère l'engagement que le travail de l'Académie des sciences sera complétement terminé d'ici au commencement de la session prochaine [1].

On supposait généralement jusqu'ici que les explosions n'avaient quelque chose de dangereux que dans les machines ordinaires, cette opinion doit être modifiée. Des renseignements qui me sont arrivés d'Angleterre m'apprennent que sur un des embranchements du chemin de Liverpool, que sur le *great junction rail-way*, la chaudière d'une machine locomotive a fait une véritable explosion. L'accident ne s'est pas borné à la déchirure de quelques tuyaux; une masse d'environ 5 à 6 quin-

1. Voir, sur les causes qui ont empêché l'Académie de faire son rapport, le dernier chapitre de la Notice de M. Arago sur les explosions des machines à vapeur, p. 180.

taux, le couvercle de la chaudière a été projeté à une distance de 350 mètres. Vous le voyez, Messieurs, la mission que nous a donnée M. le ministre du commerce n'est pas seulement de pourvoir aux moyens de sûreté des machines ordinaires, il faut aussi que nous nous occupions des machines locomotives.

Puisque l'interpellation de l'honorable M. Barbet m'a conduit à parler ici de machines locomotives, qu'il me soit permis de faire descendre de cette tribune quelques paroles qui consoleront, je l'espère, un ingénieur français des attaques peu mesurées qui naguère y ont retenti. L'honorable M. Jaubert a parlé des ingénieurs civils, et au milieu de quelques phrases favorables, il n'en est pas moins arrivé à appeler en masse ces ingénieurs des *condottieri.* Au nombre de ces *condottieri* se trouvait le constructeur du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon. On a dit que ce chemin avait été mal exécuté. Je n'oserais pas affirmer qu'il ait toute la perfection désirable, mais il faut se reporter à l'époque à laquelle il a été construit. Il ne faut pas oublier non plus que le pays qu'il traverse est peut-être le plus accidenté que jamais chemin de fer doive traverser. On a parlé du mauvais état des rails du chemin de fer de Saint-Étienne; mais se figure-t-on par hasard que les rails du chemin modèle, du chemin de Manchester à Liverpool, soient toujours restés intacts? Pour moi, je crois savoir qu'ils ont été renouvelés trois ou quatre fois.

Je ne m'étendrai pas davantage sur ce sujet; je voulais dire seulement que les reproches qu'on a adressés à M. Marc Seguin, fussent-ils tous fondés, seraient bien

compensés par une découverte sans laquelle les chemins de fer perdraient leur principal avantage. Ce qu'il y a d'inappréciable dans l'invention des chemins de fer, tient à l'excessive rapidité des locomotives.

Or, pour que ces machines marchent avec de si grandes vitesses, il faut que la chaudière fournisse sans cesse et sans retard à la consommation du corps de pompe. Une immense chaudière résoudrait le problème, mais elle pèserait immensément, et la machine, loin de faire un travail utile, loin d'entraîner avec une incroyable rapidité des files de wagons, se déplacerait à peine elle-même.

Eh bien, Messieurs, la personne qui est parvenue à imaginer une chaudière de petite dimension, d'un poids médiocre, et qui cependant fournit largement à la consommation de la locomotive la plus rapide, c'est notre compatriote M. Marc Seguin. Supposez maintenant que cet ingénieur ait commis quelques fautes sur le chemin de Saint-Étienne à Lyon, reprochez-les-lui, si vous voulez, mais n'oubliez-pas, de grâce, le titre de gloire que je viens de rappeler : si les admirables locomotives anglaises se meuvent avec une vitesse qui effraie l'imagination, elles le doivent à la belle, à l'ingénieuse découverte de M. Marc Seguin.

# TÉLÉGRAPHES ÉLECTRIQUES

ET

# TÉLÉGRAPHES DE NUIT

## I

[Dès le 2 juin 1842, M. Arago annonça à la Chambre des députés que les télégraphes électriques remplaceraient prochainement tous les autres télégraphes, et en conséquence il combattit un projet de loi qui demandait une allocation de 30,000 francs pour faire des essais d'une télégraphie de nuit. A cette occasion, il prononça le discours suivant :]

Messieurs, je demande à la Chambre la permission de lui soumettre quelques remarques : elles lui prouveront, j'espère, que l'expérience pour laquelle on nous demande 30,000 francs est complétement inutile, que le problème des télégraphes de nuit est résolu.

Vous savez, Messieurs, que le télégraphe se compose d'une barre susceptible de prendre toutes sortes de positions relativement à l'horizon ; cette barre, qui s'appelle le *régulateur*, porte à ses extrémités deux autres barres mobiles qu'on nomme des *indicateurs*.

Le régulateur et les indicateurs combinés permettent de faire des figures très-variées. De jour ces figures se voient parfaitement bien, la nuit les communications sont interrompues.

Dès l'origine du télégraphe, on imagina qu'il serait possible de transformer les signaux de jour en signaux de nuit, en plaçant des lumières ou des fanaux aux extrémités du *régulateur* et des indicateurs.

Dans le fait, le procédé ne réussit pas. D'abord on employa des lumières très-faibles, le moindre brouillard les faisait disparaître.

Plus tard, on eut recours à des réflecteurs portant des lampes: ces lampes s'éteignaient à cause des mouvements brusques qu'il fallait leur donner.

C'est dans les mains de M. Chappe, le véritable inventeur du télégraphe, qu'eut lieu l'insuccès dont il vient d'être question.

On vous propose maintenant de refaire cette vieille expérience ; seulement on substituerait à la lampe d'Argand ou à double courant d'air, une lampe dans laquelle on emploie un liquide particulier, un liquide qui, si je ne me trompe, est le résultat d'une réaction particulière de la térébenthine sur l'alcool. Ce liquide est plus inflammable que l'huile (nous verrons tout à l'heure si c'est un avantage) ; aussi la flamme qu'il donne est moins influencée par le mouvement, elle s'éteindra moins souvent; l'invention n'est que cela.

Comme jadis, les fanaux placés à l'extérieur se trouveront soumis à toutes les intempéries de l'air; le vent les ballottera; les glaces, car il faut nécessairement mettre des glaces devant le réflecteur, seront souvent brisées, ou par la violence du vent ou par d'autres accidents qu'il n'est pas besoin d'énumérer.

On a fait l'épreuve de ce système avec tous les soins

qu'on apporte dans une expérience délicate ; on a choisi les circonstances les plus favorables. Je crois cependant pouvoir affirmer que, dans une des épreuves très-peu nombreuses qu'on a tentées, un contre-poids est parti, et qu'une autre fois un fanal est tombé. Voilà ce qui arrivera inévitablement tant qu'on voudra mettre les lumières à l'extérieur. Cette difficulté sera invincible dans tous les pays où il règne des vents violents.

Ce n'est pas tout, il ne suffit pas de placer quatre fanaux à réflecteurs aux extrémités du régulateur et des indicateurs du télégraphe. Pour savoir si la figure formée est en haut ou en bas, pour distinguer les fanaux attachés aux extrémités des indicateurs des fanaux qui sont à l'extrémité du régulateur, on est obligé de donner une coloration artificielle à deux de ces lumières. Sur les quatre fanaux, deux conservent la lumière que la combustion du liquide produit; deux sont colorés à l'aide de verres verts.

Ceci est un défaut capital. De deux choses l'une: ou vous emploierez des verres d'un vert très-foncé, et alors vous détruirez dans une énorme proportion l'intensité de la lumière ; ou vous vous servirez de verres à peine colorés, et le faisceau transmis sera blanc, avec une légère coloration de vert. Lorsqu'une pareille lumière traversera des brouillards, elle deviendra rouge. Le stationnaire apercevra quatre lumières rouges lorsqu'il devait s'attendre à en voir deux blanches et deux vertes.

Jamais, lorsqu'il s'est agi de diversifier les phares, on ne s'est arrêté, en France, à l'idée de se servir de verres colorés, on s'est toujours défié des causes de coloration

extrêmement intenses qui existent souvent dans l'atmosphère.

Voici un autre défaut d'une gravité incontestable, et qui montrera aussi que dans la pratique ce procédé tant préconisé ne saurait être adopté.

Le vent éteindra une ou plusieurs des flammes, et cela arrivera très-souvent. Est-ce que le stationnaire, l'employé du télégraphe le saura? Nullement; il faudra que son correspondant l'avertisse de l'inutilité de ses gestes, il faudra qu'une dépêche du télégraphe voisin lui dise: Vous agitez en l'air des lanternes éteintes.

L'avertissement une fois reçu, voilà le pauvre employé, obligé par le verglas, par le plus mauvais temps, par des ouragans, de passer sur le toit de sa tour, de grimper les marches de longues échelles verticales (vous devez imaginer dans quel état elles seront), et d'aller ainsi attacher de nouvelles lampes à l'extrémité des grands bras de la mécanique.

En vérité, ce qu'on nous donne pour une invention ne peut, sous aucun rapport, supporter un examen sérieux.

Veut-on absolument des télégraphes de nuit? Les communications de jour sont-elles devenues insuffisantes? Eh bien, un télégraphe de nuit existe; c'est une solution du problème, examinée, étudiée, appréciée par les juges les plus compétents.

En arrivant à Paris, l'inventeur du système auquel je fais allusion n'a rien demandé au gouvernement, il s'est contenté, la chose est rare, Messieurs, il s'est contenté de la satisfaction d'être utile. Je ne pense pas qu'il en soit ainsi de la personne à qui on attribue l'invention de

l'autre télégraphe. Je crois que celle-là demande quelque chose. Je dis même que si vous votez aujourd'hui des fonds pour des expériences, vous ferez bien de vous préparer à voter de nouveau dans peu une somme considérable pour le prétendu inventeur.

Lorsque l'inventeur bien réel de l'excellent télégraphe dont je donnerai tout à l'heure une idée abrégée, se présenta à l'autorité, on lui dit: Votre système n'est pas jugé. La réponse fut noblement comprise. L'inventeur s'adressa aussitôt à l'Académie des sciences; je ne serai pas, je crois, démenti quand je dirai que l'Académie renfermait des juges très-compétents. Elle nomma une commission; je m'empresse de dire que je n'en faisais point partie, et que cependant j'ai vu les expériences. La commission, composée d'hommes parfaitement au courant de toutes les questions d'optique, d'astronomie et de mécanique, a formulé ainsi son opinion[1]: « Le système de M. de Villallongue donne pour la télégraphie de nuit une excellente solution. » Cette solution, Messieurs, on ne vous en parle pas; il n'est nullement question de l'examiner.

M. Foy, *commissaire du roi*. Je demande la parole.

M. Arago. Je viens de le dire; le jugement de l'Académie des sciences a été des plus favorables. Le système présente-t-il des difficultés dont ses juges ne se soient pas aperçus?

Je l'ai déjà dit, le principal défaut inhérent aux télégraphes à lumière extérieure, c'est que les lanternes se

1. La commission était composée de MM. Babinet, Gambey, Séguier, Mathieu rapporteur.

briseraient, c'est qu'elles s'éteindraient sans que le stationnaire le sût; c'est que le remplacement des lanternes ne se ferait pas sans de grands dangers; c'est que des lumières qu'on voudrait rendre blanches et vertes, seraient toutes rouges dans certaines conditions de l'air.

Dans le système que je préfère, dans le système de M. Vilallongue, la lumière est intérieure et n'a nul besoin d'être colorée.

Imaginez un cadran opaque et mobile; supposez que dans ce cadran il y ait une ouverture diamétrale; supposez qu'on la couvre d'un verre dépoli, et que derrière ce verre existe une lampe d'Argand. L'ouverture est mobile comme le cadran; on pourra donc lui donner toutes les positions imaginables, la rendre horizontale, verticale, la placer dans une position inclinée à 45 degrés, de droite à gauche ou de gauche à droite; ainsi voilà un signal commode, éclairé par une lumière blanche intérieure; voilà un signal dont le stationnaire est toujours le maître. Jamais ce stationnaire n'a besoin d'être averti que sa lumière est éteinte; il le verrait parfaitement lui-même. Concevez trois cadrans pareils exigeant trois lampes, et tout est dit. Dans le premier système, sans parler d'autres défauts, le nombre des lampes est de quatre.

Mais, dira-t-on, le verre dépoli placé devant l'ouverture dispersera la lumière dans tous les sens. L'objection serait fondée si l'on employait un verre dépoli; je n'en ai parlé que comme moyen de démonstration. J'ai eu l'honneur de faire mention devant la Chambre des lentilles dont on se sert dans les phares. Ces lentilles ont la propriété de rendre parallèles les rayons qui sans cela

auraient divergé. M. Vilallongue emploie, non pas une de ces lentilles tout entières, mais seulement une portion de lentille; c'est une section longitudinale qu'il fait tourner pour opérer ses signaux.

Voilà donc un système rationnel, éprouvé, examiné, apprécié, jugé par les personnes les plus compétentes; il a reçu une approbation solennelle; on n'en parle pas. Voici, d'autre part, un système défectueux; il ne diffère des systèmes anciens qu'en ce que les lanternes s'éteindront moins souvent; c'est pour celui-là, cependant, qu'on demande 30,000 francs.

S'il est nécessaire de créer un télégraphe de nuit, vous trouvez toutes les conditions désirables dans le système de M. Vilallongue. Les expériences ont été faites, elles n'ont rien coûté à l'État; M. Vilallongue a pourvu à tout. Ses procédés sont très-ingénieux sous le rapport de l'art; sa conduite a été de tout point désintéressée.

Si on me parle de la dépense qu'occasionnerait l'application de ce système, je répondrai que je ne la connais pas. Cette question n'a pas été examinée par l'Académie des sciences. L'opération de pratiquer des ouvertures circulaires dans les tours, et d'y adapter des segments de lentilles, ne semble pas devoir être très-chère. Au surplus, la dépense dût-elle être un peu considérable, comme il est possible de donner à ces télégraphes une puissance indéfinie, puisqu'on est le maître de l'intensité de la lumière centrale, le nombre des stations peut être notablement diminué.

Si le liquide qu'on emploie dans le système pour lequel on vous demande un crédit de 30,000 francs, s'éteint

moins facilement que l'huile, son extrême inflammabilité est d'autre part un inconvénient très-grave. Je pourrais, en m'autorisant de l'opinion d'un des plus grands chimistes de notre époque, soutenir que si on adopte le nouveau liquide il en résultera de déplorables accidents.

Telles sont les critiques que je voulais vous présenter relativement au projet de loi. J'ai vu dans le rapport de la commission que l'on désirait faire une expérience météorologique. On veut savoir combien de fois des signaux du nouveau système se transmettront pendant l'hiver; on veut savoir si, pour des transmissions très-rares, cela vaut la peine d'entretenir allumées dans tous les télégraphes d'une ligne entière une quantité de lampes aussi considérable.

Une semblable expérience, si on veut la faire, je ne m'y oppose pas, ce sera une donnée de plus que nous enregistrerons dans les ouvrages de météorologie; mais exige-t-elle la dépense qu'on vous propose.

Établissez deux réverbères aux deux stations entre lesquelles le brouillard interrompt le plus souvent les communications. Ordonnez aux stationnaires de noter toutes les nuits, pendant deux années si vous voulez, combien de fois on les verra; employez aussi des feux blancs et verts; faites tenir compte du nombre de fois que ces feux auront paru avec leurs teintes, et tout sera fini. Une pareille expérience coûtera 2,000 ou 3,000 francs et non les 30,000 francs qu'on vous demande.

Je viens de plaider en faveur d'un système très-rationnel, jugé, apprécié et loué autant que possible, contre un système dont les nombreux défauts sautent aux yeux. Je

dois ajouter maintenant une réflexion : c'est que nous sommes à la veille de voir disparaître non-seulement les télégraphes de nuit, mais encore les télégraphes de jour actuels.

Tout cela sera remplacé par les télégraphes électriques. Ces télégraphes transmettront les dépêches à toutes les distances, quelque temps qu'il fasse, et cela avec une vitesse incroyable. De Paris à Perpignan les nouvelles arriveront en moins d'une seconde, car la vitesse de l'électricité est plus grande que celle de la lumière.

L'idée de ce moyen de communication remonte à Franklin. Mais celle d'employer les batteries galvaniques pour ce genre de télégraphes a été présentée pour la première fois d'une manière applicable par notre compatriote l'illustre Ampère. Depuis lors, l'idée a beaucoup grandi. Elle a reçu des perfectionnements considérables. Nous avons vu en 1838, à l'Académie des sciences, un appareil construit par un physicien américain nommé M. Morse et qu'on a pu faire fonctionner. Il ne s'agissait pas seulement d'une communication verbale, d'une description écrite; on avait l'appareil sous les yeux.

Dans ce système, il n'est pas besoin de stationnaires. La machine écrit elle-même la dépêche, après avoir averti toutefois par le bruit d'un petit timbre qu'elle va entrer en fonction.

M. Wheatstone a ajouté encore beaucoup à l'invention de M. Morse. Ses appareils sont admirables; tous les physiciens les ont vus à Paris et éprouvés.

Une seule difficulté a empêché jusqu'ici l'adoption des télégraphes électriques. Il faut, pour qu'une communi-

cation se propage par de tels télégraphes, qu'il y ait un ou plusieurs fils métalliques qui aillent du point de départ au point où la dépêche doit se rendre. Il faut que ce fil ne soit pas rompu.

Il faut donc les placer dans un tube, quelle qu'en soit d'ailleurs la nature. Si on ne veut pas livrer les communications télégraphiques à la discrétion des malfaiteurs, il faut se garder d'établir des tubes à travers champs. Mais lorsque les chemins de fer seront établis, qui empêchera d'enterrer les tubes et les fils à un tiers de mètre, soit entre les rails, soit à côté; tout sera alors sous la surveillance active et continuelle des gardiens de ces lignes.

Si d'ici à l'époque prochaine où les télégraphes électriques remplaceront tous les autres télégraphes, le gouvernement croit nécessaire d'établir des télégraphes de nuit, il pourra employer ceux de M. Vilallongue. Ceux-là n'exigent aucune nouvelle expérience. On pourrait commencer l'installation dès demain.

L'expérience pour laquelle M. le ministre demande une allocation de 30,000 frans n'est nullement nécessaire. Je rejette le projet de loi.

[M. Pouillet, rapporteur de la commission de la Chambre des députés, a répondu à M. Arago, qui a répliqué en ces termes : ]

Messieurs, je remercie l'honorable préopinant de la manière dont il a parlé du télégraphe déjà examiné et jugé; jugé par des commissaires éclairés, habiles et compétents, jugé par une académie où on a l'habitude de joindre autant que possible l'expérience aux calculs.

Il y a un point dans lequel l'honorable M. Pouillet n'a pas été complet : il a dit que le télégraphe de M. Vilal-

longue, le télégraphe de nuit, compromettrait le télégraphe de jour.

Il est très-vrai que M. Vilallongue, à l'époque où il proposa pour la première fois son télégraphe de nuit, voulait, pour le service de jour, substituer aux évidements chargés d'un fragment de lentille, des bandes blanches qui se seraient projetées sur un fond noir ou réciproquement. Je reconnais que, de cette manière, il aurait rendu général ce qui, maintenant, est exceptionnel.

Je crois que mon honorable confrère (On rit); je dirai, si vous voulez, mon honorable collègue : à l'Académie, j'ai contracté l'habitude d'appeler M. Pouillet mon confrère.....

M. Thil. Nous y sommes en ce moment, à l'Académie!

M. Arago. Je dis donc que mon honorable collègue a oublié une circonstance essentielle : c'est que M. Vilallongue ne s'en est pas tenu à proposer l'emploi de bandes peintes en blanc ou en noir pour le télégraphe de jour : dans ses dernières communications avec la commission administrative spéciale, M. Vilallongue a montré que son télégraphe de nuit pouvait se combiner avec un télégraphe de jour, ayant toutes les propriétés de celui qui est actuellement en usage.

Messieurs, on a parlé tout à l'heure avec beaucoup d'agrément, je le reconnais (Ah! ah!), du peu de danger que courront les stationnaires. « Si votre lampe s'éteint, vous la rallumerez! » Cela est spirituel, mais on n'a pas dit que, pour rallumer la lampe, il faudrait sortir de la tour, grimper sur le comble, monter le long

d'un échelle verticale, et qu'au milieu de la nuit, par le vent le plus violent, par le verglas, cela n'est pas aussi simple, aussi facile qu'on a l'air de le dire. (Mouvements et bruits divers.)

L'honorable préopinant vous a parlé de lumière verte, de verres verts qui ne se colorent pas en rouge.

Sur ce point-là je ne puis en conscience être de son avis. Si le verre coloré ne transmet que du vert homogène, il est de toute évidence qu'une telle lumière ne traversera que des étendues d'air très-peu considérables. Je ne suppose pas que M. Pouillet, comme une de ses phrases tendrait à le faire croire, ait l'intention d'établir des télegraphes aussi près les uns des autres que les omnibus dont il a parlé, et que les Parisiens attendent au coin des rues. Ainsi l'argument tiré des verres de couleur des omnibus est sans valeur aucune : il n'est pas applicable à la question des télégraphes. (Bruit.)

M. Pouillet sait, comme tous les physiciens, que si la lumière blanche se colore en rouge, c'est que les rayons verts compris dans la lumière blanche sont arrêtés par l'atmosphère. Placez devant une lampe un verre qui laisse passer seulement les rayons verts, à une petite distance toute lumière sera absorbée. Emploie-t-on un verre peu coloré en vert, après un court trajet l'interception des rayons verts aura rendu la lumière blanche. Ensuite elle se colorera en rouge.

L'honorable M. Pouillet disait que, sur ce point, il ne voulait s'en rapporter qu'à l'expérience. M. Pouillet se montre trop timide. Lorsque le calcul eut dévoilé le rapport du diamètre à la circonférence, personne ne proposa

d'essayer, à l'aide d'un fil enroulé sur un cercle, si ce rapport était celui que le calcul avait donné. Tout esprit éclairé se serait refusé à une pareille épreuve; la géométrie a des priviléges qu'aucune expérience au monde ne saurait infirmer.

## II

[Le 29 avril 1845, à propos du vote du budget par la Chambre des députés, M. Arago a été conduit à faire une histoire succincte de l'invention des télégraphes électriques. Il s'agissait d'une somme de 240,000 francs proposée pour essayer ces télégraphes. Nous extrayons du *Moniteur* la discussion qui s'engagea à cette occasion.]

M. LE MINISTRE DE L'INTÉRIEUR. Je demande à la Chambre un changement dans la répartition même du crédit; sur les 240,000 fr., 165,000 seulement ont été dépensés en 1844, et doivent être imputés sur 1844. Il reste une somme de 75,000 fr. pour les dépenses imputables sur 1845, et qui par conséquent devra figurer sous le crédit de 1845.

Je voudrais donc demander à la Chambre de retirer 75,000 fr. sur 1844, sauf à les reporter sur les crédits extraordinaires pour 1845. (Oui! oui! oui! cela ne fait pas de difficulté.)

M. DE BEAUMONT (de la Somme). Il serait bon, avant de voter le crédit, que M. le ministre de l'intérieur voulût bien donner à la Chambre quelques renseignements sur les résultats obtenus dans l'établissement des télégraphes électriques.

M. LE PRÉSIDENT. La parole est à M. Arago. (Mouvement.)

M. ARAGO. Je demanderai à la Chambre si elle désire que je me borne à une simple affirmation. J'annoncerai que les résultats des expériences de la commission nommée par M. le ministre de l'intérieur pour faire l'essai en grand de la télégraphie électrique, sont très-favorables, et que dimanche prochain nous établirons, sans aucun doute, une communication électrique régulière entre Paris et Rouen. Si c'est cette seule affirmation que la Chambre réclame..... (Non! non! — Parlez! parlez!)

Je dirai donc, en peu de mots, quelles sont les considérations puissantes, à mon avis, qui ont amené M. le ministre de l'intérieur à demander un crédit extraordinaire, et à en user pour faire des essais de télégraphie électrique.

L'idée d'une télégraphie électrique n'est pas nouvelle. Dès qu'on eut reconnu que l'électricité parcourait les corps avec une extrême rapidité, Franklin imagina qu'on pourrait l'appliquer à la transmission des dépêches. Ce n'est pas cependant ce grand physicien qui a formulé l'idée en système applicable. On trouve pour la première fois une disposition réalisable de télégraphie électrique, dans une note très-courte, publiée en 1774 par un savant d'origine française, établi à Genève, par Lesage.

Ce télégraphe se composait de vingt-quatre fils, séparés les uns des autres, et noyés dans une matière isolante. Chaque fil correspondait à un électromètre particulier. En faisant passer, suivant le besoin, la décharge d'une machine électrique ordinaire à travers tel ou tel de ces fils, on produisait, à l'autre extrémité, le mouvement représentatif de telle ou telle lettre de l'alphabet. Ce système, si je ne me trompe, fut établi sur une échelle restreinte, dans les environs de Madrid, par M. de Béthencourt.

La machine électrique ordinaire, source intermittente d'électricité, peut être actuellement remplacée par une pile voltaïque d'où émane un courant continu susceptible d'être transmis par des fils métalliques. Ampère chez nous, Sœmmering en Allemagne, songèrent aux applications dont ce courant continu serait susceptible pour

transmettre des dépêches. Les deux systèmes avaient l'un et l'autre l'inconvénient d'exiger un assez grand nombre de fils isolés. Le télégraphe à l'installation duquel nous travaillons, n'aura qu'un fil. C'est avec un seul fil qu'on réussira à créer tous les signaux nécessaires pour la transmission des dépêches les plus complexes.

Les télégraphes électriques semblent destinés à remplacer complétement les télégraphes actuellement en usage. Telle est l'explication naturelle de la détermination qu'a prise M. le ministre de l'intérieur, de faire commencer les essais sur un crédit extraordinaire.

Il fallait d'abord savoir si le courant électrique qui doit engendrer les signes télégraphiques, s'affaiblirait d'une manière trop notable en parcourant de très-grandes distances, telles que la distance de Paris à Lyon; il fallait décider si, entre ces deux villes, des stations intermédiaires deviendraient indispensables. Les ingénieuses expériences déjà exécutées en Angleterre au moment où la commission commença ses travaux, les expériences faites sur le chemin de Blackwall, par exemple, ne tranchaient pas la question.

Notre point de départ fut celui-ci : Peut-on transmettre le courant électrique avec assez peu d'affaiblissement pour que des communications régulières s'établissent d'un seul trait, sans station intermédiaire, entre Paris et le Havre? C'est à résoudre cette question que la commission nommée par M. le ministre de l'intérieur s'est d'abord attachée.

Elle a établi un fil de cuivre le long du chemin de fer de Rouen, sur des poteaux en bois placés de 50 mètres

en 50 mètres. Les moyens d'isolement employés présentent peut-être des précautions superflues, mais il fallait ne pas échouer dans le premier essai.

Dimanche dernier, nous avons pu opérer entre Paris et Mantes, points distants l'un de l'autre de 57 kilomètres : le succès a été complet.

Le courant passait d'abord par un certain fil suspendu dans l'air, et revenait par un autre fil semblable, placé immédiatement au-dessous. L'intensité du courant était accusée et mesurée à l'aide de la déviation que ce courant imprimait à une aiguille de boussole. La déviation était considérable. Ceci constaté, la commission a cherché si, comme on l'avait jadis trouvé pour de beaucoup moindres distances, en Bavière, en Russie, en Angleterre, en Italie, le courant voltaïque était transmis par le premier fil, à travers la terre humide comprise entre les deux stations.

Eh bien, nous avons trouvé que le courant, né à Paris et transmis à Mantes le long du premier fil attaché aux poteaux, revenait par la terre beaucoup mieux que par le second fil ; que la terre, dans cette expérience, faisait l'office d'un conducteur beaucoup plus utile que le second fil métallique.

Avec les deux fils d'aller et de retour, la déviation de l'aiguille, mesure du courant, était de 25°. Quand le second fil supprimé se trouvait remplacé par la couche de terre comprise entre Paris et Mantes, la déviation de l'aiguille s'élevait jusqu'à 50°.

Dimanche prochain, sans aucun doute, nous porterons le courant électrique jusqu'à Rouen le long du fil métal-

lique, et il nous reviendra par la terre avec toute l'intensité qu'exige la production des signes télégraphiques.

La Chambre désire savoir, peut-être, comment il est possible avec un seul courant de produire une grande diversité de signes. La question revient à celle-ci : De quelle manière un courant peut-il donner naissance à une force intermittente? Il est clair, en effet, que la reproduction au point d'arrivée d'un signal né à la station du départ, ne peut s'opérer qu'à l'aide d'une force.

Les physiciens ont reconnu que, lorsqu'on fait circuler un courant électrique le long d'un fil plié en hélice, tout autour d'une lame d'acier, on aimante la lame d'une manière permanente; au lieu de recourir à un aimant artificiel pour aimanter les aiguilles de boussole, on peut se servir ainsi avec avantage d'un courant voltaïque.

Lorsque la pièce de métal autour de laquelle circule l'électricité est du fer doux, l'aimantation est momentanée. Pendant que le courant circule, le fer est aimanté, il a des pôles comme une aiguille de boussole. Mais à peine le courant a cessé, que le fer revient à l'état ordinaire.

Or, personne ne l'ignore : deux masses de fer non aimantées, mises en présence, n'agissent point l'une sur l'autre. Tout le monde sait aussi qu'une masse de fer aimantée attire une masse de fer neutre. Donc, toutes les fois que le courant, dans l'une des stations, passera dans une hélice, autour d'une masse de fer doux, cette masse de fer deviendra momentanément un aimant, et elle pourra produire un effet mécanique.

C'est par ce procédé, c'est en faisant naître et en détruisant successivement la force magnétique dans une

masse de fer, qu'on peut transmettre au loin tous les signaux qu'on a produits dans la station de départ.

Ce principe peut conduire à des systèmes très-divers, entre lesquels la commission n'a pas encore fait un choix. J'indiquerai un de ces systèmes : celui de M. Morse, par exemple.

Concevons qu'à la station où l'on doit recevoir la dépêche, on ait une longue bande de papier mobile entre deux rouleaux à l'aide d'une force mécanique quelconque. La pièce de fer dont je parlais tout à l'heure, cette pièce destinée à être successivement aimantée et non aimantée, est placée au-dessus du papier, et par son mouvement de bascule entraîne un pinceau. Le courant passe-t-il, la pièce alors aimantée est attirée par une masse de fer stationnaire, elle bascule et pousse le pinceau jusqu'au papier; le courant n'a-t-il duré qu'un instant, le pinceau ne trace qu'un point; l'aimantation a-t-elle eu quelque durée, le pinceau, avant de se relever aura marqué un trait d'une longueur sensible sur le papier mobile. Vous pouvez ainsi, à cent lieues de distance, faire succéder sur le papier de votre correspondant un point à un point, un point à un trait; intercaler un point entre deux traits, un trait entre deux points, etc., engendrer les signaux qui, suivant M. Foy, juge si compétent en pareille matière, doivent suffire à la correspondance télégraphique la plus variée.

Veut-on se faire une idée générale de quelques-uns des appareils en usage en Angleterre?

Concevons, dans la localité où l'on fait les signaux, un cercle gradué rotatif où chaque division représente

une lettre de l'alphabet : c'est par exemple la lettre supérieure, au moment des repos du cercle, qu'il faut lire pour avoir la dépêche; les repos de la station du départ devront se représenter dans le même ordre sur le cercle de la station d'arrivée.

Pour résoudre le problème, le cercle de la station d'arrivée est lié à un engrenage arrêté par une pièce de fer doux; cette pièce est déviée, et dès lors l'engrenage s'avance d'une dent toutes les fois que le morceau de fer voisin devient un aimant par l'action du courant électrique qui circule autour de lui dans une hélice. Le courant est-il interrompu, la pièce en question, le déclic en fer, reprend sa place. A cent lieues de distance, celui qui envoie la dépêche peut donc régler le mouvement du cercle sur lequel le correspondant devra la lire.

Ces deux citations suffiront. Je dois le répéter : la seule chose en question, quand nous commençâmes nos expériences, c'était de savoir la distance à laquelle les signaux pourraient être transmis d'un seul trait. Avec les fils multiples et reployés que porteront nos poteaux, nous saurons si la distance de Paris à Lyon sera franchie sans recourir à des stations intermédiaires.

Sans craindre de me compromettre, j'ose affirmer que dimanche prochain les résultats confirmeront toutes nos prévisions; nous n'aurons pas fait seulement des essais de simple expérience de physique : la commission aura posé les bases d'un télégraphe perfectionné, destiné à rendre d'éminents services au pays. (Très-bien !)

[Le crédit demandé par le gouvernement est adopté par la Chambre.]

## III

[Un projet de loi pour l'établissement d'un télégraphe électrique de Paris à Lille, ayant été discuté le 18 juin 1846 dans la Chambre des députés, M. Arago prit la parole en ces termes pour combattre les doutes des personnes, en grand nombre, qui ne croyaient pas à l'efficacité du merveilleux moyen de communication.]

Il me semble qu'il y a eu une grande erreur dans la manière dont on a considéré les télégraphes électriques. On a parlé d'expériences en cours d'exécution. Il est très-vrai qu'on a fait des expériences sur la ligne de Rouen; mais depuis l'établissement de cette ligne, le problème est complétement résolu.

M. Berryer. Je demande la parole.

M. Arago. Il est désormais constant que le télégraphe électrique est un moyen de communication excellent.

Messieurs, je vais vous citer un fait décisif.

J'ai reçu, il y a trois jours, un journal de Baltimore, *the Sun*, avec une lettre de M. Morse, qui est à la tête de la télégraphie électrique aux États-Unis; le message du président des États-Unis, message très-long, qui occupe dans ce journal, en très-petit caractères, deux longues colonnes, qui feraient quatre colonnes du *Moniteur*, ce message a été envoyé.

M. Berryer. On l'avait fait imprimer d'avance. (On rit.)

M. Arago. Il est probable que M. Berryer n'est pas aussi bien informé de ce qui s'est passé que les directeurs du journal que je cite, et que M. Morse, l'un des hommes les plus honorables des États-Unis; or, tous déclarent que le message a été envoyé ligne par ligne de Washing-

ton à Baltimore, et que la totalité du message a été reçue ainsi, et imprimée dans l'intervalle de trois heures.

Une personne, écrivant avec une rapidité moyenne, irait à peine aussi vite qu'a été le télégraphe dans cette circonstance.

M. Berryer a parlé d'expériences qu'il y avait à entreprendre. Ces expériences ont été faites et elles sont complétement concluantes. Il a dit qu'on était en doute si l'on emploierait des fils de fer ou des fils de cuivre ; cette question a été discutée et résolue dans la commission.

Sous ce rapport, ce qui pouvait être un sujet d'expériences, c'était, non pas le vocabulaire dont a parlé M. Mauguin, mais le procédé à l'aide duquel on enregistre les signaux. Avec le procédé de M. Morse, qui a reçu des modifications en France, on est arrivé à enregistrer jusqu'à 84 signaux dans une minute.

Vous savez qu'il faut marcher avec une certaine rapidité pour écrire 84 lettres en une minute la plume à la main. Ne croyez donc pas qu'on en soit encore aux expériences. Le télégraphe électrique peut être employé actuellement pour remplacer le télégraphe aérien, et il a sur ce dernier un avantage que tout le monde peut comprendre. Lorsqu'il y a des brouillards, quel que soit le mode d'éclairage que vous employiez, les signaux du télégraphe aérien ne passent pas à travers l'atmosphère.

Dans l'origine, on avait redouté l'influence des brouillards sur les télégraphes électriques ; on avait pensé que les poteaux n'isoleraient pas assez le fil, et que la transmission de l'électricité ne pourrait se faire. Eh bien, cela est douloureux à dire, mais cela arrive presque toujours

ainsi : lorsqu'une chose peut être faite de deux manières, elle se fait presque toujours de la façon qui nous a paru la moins naturelle : la transmission a lieu plus facilement par la pluie et par les brouillards que dans le temps sec. La pluie, que dans la langue télégraphique on appelle *un brumaire* et qui est un obstacle invincible pour les télégraphes ordinaires, est loin d'être nuisible pour la transmission des dépêches par la télégraphie électrique.

Il serait facile d'expliquer comment cela arrive. Je ne crois pas que la Chambre soit disposée à entendre, en ce moment, des explications de cette nature ; mais vous pouvez regarder le fait comme certain : ce qu'on avait redouté comme un inconvénient a été reconnu, par l'expérience, comme un avantage : la transmission se fait mieux par des temps de brouillard et de pluie que par des temps de sécheresse. Ainsi vous pouvez être en communication assurée, par la télégraphie électrique, entre les deux extrémités de la ligne de jour et de nuit, à tous les instants et presque par tous les temps.

On a parlé de l'usage qu'on pourrait faire de la télégraphie électrique pour venir au secours des compagnies de chemins de fer ; on a aussi émis la crainte de voir faire abus de ce moyen de communication rapide.

Messieurs, ce ne sera pas, si l'on veut, le fil du gouvernement qui servira aux compagnies, ce sera un fil auxiliaire et il y aura des appareils auxiliaires auxquels on pourra interdire des signaux très-variés. Que peuvent avoir à dire les compagnies pour le service de la ligne ? Peu de choses : un convoi est parti ; nous avons besoin d'une locomotive ; tel accident est arrivé ; nous avons

besoin d'eau. On pourra donc, vous le voyez, attacher au fil dont se servira une compagnie un nombre très-borné de signaux.

Je ne prétends pas que ce que je dis là soit une solution définitive ; mais les difficultés s'amoindriront à mesure qu'on étudiera la question.

En Amérique on se sert de la télégraphie électrique pour des communications particulières, et on n'y a reconnu aucun inconvénient. Pourquoi n'arriverait-on pas à employer aussi en France le télégraphe électrique dans les correspondances particulières.

J'ajouterai, pour rassurer les personnes qui doutent de la rapidité de la transmission électrique, qu'il est prouvé par des expériences incontestables, que l'électricité se meut dans les fils de métal avec une vitesse de plus de 77,000 lieues par seconde,

# SUR LES CHAUX

## LES MORTIERS ET LES CIMENTS HYDRAULIQUES

### SUR LES POUZZOLANES NATURELLES ET ARTIFICIELLES [1]

---

Messieurs, dès leur première séance, vos commissaires ont donné une entière adhésion à la pensée qui a inspiré le projet sur lequel vous êtes appelés à délibérer. Ils sont restés unanimement convaincus, qu'en soumettant les grandes découvertes de nos compatriotes à l'appréciation attentive des trois pouvoirs constitutionnels du pays, qu'en recourant à toutes les solennités de la loi pour régler les rémunérations que des inventeurs peuvent avoir méritées, on excitera au plus haut degré, et très-utilement, le zèle, l'ardeur et la persévérance des hommes de génie.

Nous parlons seulement, Messieurs, de grandes découvertes. Des travaux, quelque estimables qu'ils fussent, auxquels cette dénomination n'appartiendrait pas légitimement et d'un consentement universel, ne nous paraî-

1. Rapport fait à la Chambre des députés, le 26 mai 1845, au nom de la commission chargée de l'examen du projet de loi tendant à accorder, à titre de récompense nationale, une pension annuelle et viagère de 6,000 fr. à M. Vicat, ingénieur en chef, directeur des ponts et chaussées.

traient pas, en effet, devoir appeler une délibération spéciale des Chambres législatives.

Ces réflexions jalonnaient sans aucune équivoque la route que nous avions à suivre. Nous devions examiner si M. Vicat s'est placé parmi les hommes privilégiés dont la postérité se souviendra; si ses travaux, au moment de leur publication, avaient un caractère de nouveauté incontestable; s'ils offraient un intérêt général; si, enfin, les procédés qui en découlent, doivent prendre rang parmi les inventions brillantes dont notre pays s'honore à juste titre.

Ce court préambule justifiera les développements que vous allez entendre. Nous avons cru d'ailleurs qu'en soumettant à l'analyse la plus stricte, la plus minutieuse, un mérite aussi reconnu que celui de M. Vicat, nous inspirerions une inquiétude salutaire aux médiocrités qui prétendraient faire retentir leur nom dans cette enceinte. Si la commission avait atteint ce but, elle aurait, sans aucun doute, satisfait d'avance à un des vœux de la Chambre.

### I. FABRICATION ARTIFICIELLE DES CHAUX HYDRAULIQUES

La chaux, soit à l'état de pureté, soit, plus ordinairement, mêlée à d'autres matières, est le moyen dont on fait usage depuis les temps les plus reculés pour lier entre elles les pierres, et, en général, toutes les parties constituantes des bâtisses.

Si la chaux ne s'offre nulle part isolée sur l'écorce du globe, par compensation, les roches d'où on peut l'extraire à l'aide de simples grillages, les roches calcaires,

existent presque partout. Aucun minéral n'est plus répandu dans la nature.

Il est rare que les pierres calcaires soient entièrement pures, ou exclusivement composées de chaux et d'acide carbonique. Leur pâte est ordinairement mêlée, d'une manière intime, à de la silice, à de l'alumine, à de la magnésie, à du fer oxydé, à de l'oxyde de manganèse, etc. De là les dénominations adoptées par les minéralogistes, de calcaires argileux, magnésiens, ferrugineux, manganésiens, etc.

Ces calcaires fournissent, par la cuisson, des chaux très-diverses. Les constructeurs en distinguent plusieurs espèces : les chaux grasses, les chaux maigres, les chaux hydrauliques.

Les chaux grasses foisonnent beaucoup quand on les éteint : elles doublent alors de volume et au delà. Ce serait une propriété très-précieuse sous le rapport de l'économie ; mais les chaux grasses restent longtemps molles, surtout au centre des maçonneries, partout où elles sont privées du contact de l'air ; mais les chaux grasses se dissolvent jusqu'à leurs dernières parcelles dans les eaux fréquemment renouvelées, dans les eaux pures ; mais cette dissolution de la chaux transforme à la longue en monceaux de pierres sèches des murs de quai, par exemple, qu'on croyait convenablement maçonnés et d'une grande solidité.

Faut-il montrer, par des citations, que le mortier fait avec de la chaux grasse n'acquiert point de consistance quand il est à l'abri du contact de l'air? Nous dirons que M. le général Treussart ayant eu à reconstruire à Stras-

bourg, en 1822, le soubassement d'un bastion qui datait de 1666, y trouva le mortier tout aussi frais que si les maçons l'eussent posé depuis quelques heures seulement. Pareille chose fut observée à Berlin par les architectes qui démolirent naguère un des piliers, de neuf mètres de diamètre, de la tour de Saint-Pierre, bâtie depuis environ 80 ans.

Nous demande-t-on de prouver qu'un courant d'eau vive dissout rapidement la chaux grasse des maçonneries et en compromet la solidité? Nous invoquerons, pour choisir entre mille exemples, la démolition des restes des anciennes écluses de la Vilaine. Pendant cette opération, on reconnut que, par suite de la dissolution de la chaux grasse, il ne restait plus derrière les revêtements que des masses sans liaison, que de simples murs de pierre sèche.

La chaux maigre a tous les défauts des chaux grasses, et, de plus, comme son nom l'indique, elle foisonne à peine. Aussi évite-t-on, autant que possible, d'en faire usage.

Les constructeurs qui désirent donner de la durée à leurs œuvres, doivent employer exclusivement de la chaux hydraulique, particulièrement lorsque les fondations reposent sur un terrain humide.

On appelle chaux hydrauliques celles qui se solidifient promptement dans l'eau. Cette propriété ne se montre pas toujours au même degré. Les plus caractérisées des chaux hydrauliques font prise du second au quatrième jour d'immersion; au bout d'un mois, ces chaux sont fort dures et complétement insolubles; dans le sixième

mois, elles se comportent comme certaines pierres calcaires; le choc les brise en éclats, leur cassure est écailleuse.

Les calcaires naturels ne se distinguent en général les uns des autres, par aucun caractère physique particulier de texture, de dureté, de pesanteur spécifique, de coloration, qui puisse faire prévoir d'avance quelle espèce de chaux ils fourniront. Les chaux grasses, maigres, hydrauliques, sont indistinctement blanches, grises, fauves, rousses, etc. C'est dans la composition intime des roches, c'est dans la nature et la proportion de leurs principes constituants, que les chimistes ont cherché les causes réelles de l'hydraulicité.

Il est bien avéré depuis longtemps, que les calcaires les plus purs, les marbres statuaires primitifs ou saccharoïdes, les marbres de Paros, de Carrare, donnent toujours, par la calcination, de la chaux grasse; on a su de bonne heure aussi que la propriété de durcir sous l'eau est communiquée à la chaux, par des matières particulières qui se trouvent disséminées dans le tissu de la roche calcaire d'où la chaux a été tirée. Mais quelles sont ces matières, et en quelles proportions devaient-elles exister dans la roche pour que l'hydraulicité apparût à un degré suffisant? Sur ce point, les opinions ont été très-longtemps flottantes.

Bergman, car de très-grands chimistes s'occupèrent de la question, attribuait les propriétés caractéristiques des chaux hydrauliques à la présence, dans ces chaux, d'une petite proportion d'oxyde de manganèse.

Guyton de Morveau adopta les idées de son illustre ami.

Il était évident, toutefois, que l'hypothèse des deux chimistes ne révélait pas, du moins d'une manière générale, le secret de l'hydraulicité; on connaissait, en effet, des chaux hydrauliques naturelles dans lesquelles n'existait pas une trace d'oxyde de manganèse. Il a même été constaté que cet oxyde ne possède point la propriété qu'on lui attribuait. Une écluse construite en Suède, d'après les idées de Bergman, avec un mortier composé de chaux grasse et de manganèse, manquait tellement de solidité, qu'il fallut la détruire très-peu de temps après son achèvement.

Les plus anciennes études que nous connaissions sur les compositions des chaux hydrauliques, datent de l'année 1756, c'est-à-dire de l'époque où Smeaton se préparait à la construction si difficile, si hardie, du phare d'Edystone. Ce célèbre ingénieur examina alors avec le soin le plus scrupuleux la chaux hydraulique naturelle d'Aberthaw (comté de Glarmorgan). Cette chaux jouissait en Angleterre d'une certaine célébrité. Traitée par les acides, elle laissa un résidu « qui paraissait être une glaise bleuâtre, pesant environ 1/8 du poids total de la pierre. » La couleur rougeâtre que ce résidu acquit par la cuisson, fit croire à Smeaton que la roche calcaire d'Aberthaw (on l'appelait déjà du *lias*) contenait aussi du fer.

Saussure publia, en 1786, dans le second volume de son célèbre voyage, quelques réflexions tendant à attribuer l'hydraulicité des chaux de Saint-Gingolph, en Savoie, à l'influence combinée du manganèse, du quartz et même de l'argile contenus dans le tissu des roches cal-

caires de cette localité. Ajoutons, dans l'intérêt de la vérité, que l'illustre naturaliste laissa ses opinions à l'état de simples conjectures.

Encore une citation, et nous aurons parcouru l'ensemble des recherches qui ont précédé les travaux de M. Vicat.

M. l'ingénieur des mines Collet-Descostils, ayant découvert, en 1813, une quantité notable de matière siliceuse très-divisée dans la chaux de Senonches, attribua à l'action de la silice l'hydraulicité si forte et si renommée de cette chaux.

Que manquait-il aux conjectures de Smeaton, de Saussure, de Descostils? Il leur manquait ce qui transforme de simples conjectures en principes incontestables; il leur manquait la précision, la netteté, ces constants attributs de toute vérité bien établie; il leur manquait d'être éclaircies, rectifiées, et de passer enfin, par l'impulsion d'une main puissante, de la région vague, nébuleuse des rêveries, dans le domaine des applications.

Dès ses premiers essais, M. Vicat fit usage de la synthèse. Quiconque avait remarqué combien l'état cristallin, l'état moléculaire peut modifier les propriétés physiques de certains corps, ne devait attacher qu'une confiance bornée aux conséquences qui, dans l'intérêt de l'architecture, semblaient découler de l'analyse chimique des chaux. Les expériences de M. Vicat allèrent, au contraire, directement au but.

La chaux naturelle de Senonches était le type de la perfection; M. Vicat composa une chaux artificielle supérieure à celle de Senonches. Il obtint ce résultat capital

en faisant calciner, dans des proportions convenablement choisies, de la craie ou de la chaux pure mêlée à de l'argile.

Par cette expérience, la lumière succédait à l'obscurité, la certitude au doute; l'art de bâtir venait de s'enrichir d'une admirable découverte.

Nous ne supposons pas que cette qualification d'admirable découverte puisse être contestée. Nous ne saurions croire que le désir, malheureusement si commun, de dépouiller un contemporain au profit de la réputation d'un mort, décide personne, dans cette circonstance, à exagérer le mérite des essais, des hypothèses, des conjectures qui précédèrent les travaux de l'ingénieur du pont de Souillac. Sans cela nous prouverions, par des rapprochements sans réplique, que M. Vicat n'a pas été moins réellement inventeur sur la question des chaux hydrauliques, que ne le fut Newton quand il publia la théorie de la composition de la lumière blanche, que ne le fut Franklin lorsqu'il proposa les paratonnerres au monde civilisé. Le célèbre Smeaton essayant infructueusement de rendre de la chaux grasse hydraulique par une addition d'argile sans préparation; Smeaton méconnaissant, après ses essais multipliés, la nécessité de la cuisson de l'argile, montra d'ailleurs, beaucoup mieux que tous les raisonnements ne sauraient le faire, l'immense distance qui sépare de simples aperçus d'une découverte réalisée et complète.

M. Vicat a étendu ses heureuses investigations à tout ce qui concerne le rôle que la chaux peut jouer dans les maçonneries; ainsi, l'art du chaufournier, l'art de chas-

ser le plus sûrement et le plus économiquement possible l'acide carbonique, un des principes constituants des roches calcaires, est redevable d'importantes remarques aux travaux de notre célèbre ingénieur; ainsi, après les directions précises que ces travaux renferment, personne ne pourrait hésiter sur les essais à faire, pour prévoir à coup sûr les qualités que développeront à la longue des échantillons de chaux donnés; ainsi, ceux qui voudront savoir quel procédé il importe de suivre pour éteindre les chaux de diverses catégories, consulteront avec beaucoup de fruit les résultats des expériences de M. Vicat; ainsi, le choix des matières qui concourent avec les chaux de toute nature à la fabrication des mortiers, ne sera plus livré à une aveugle routine.

Le besoin d'abréger nous impose l'obligation de faire seulement mention de cette partie, d'ailleurs si intéressante, des recherches de M. Vicat. Nous supprimons aussi, par le même motif, l'analyse des considérations théoriques très-délicates, à l'aide desquelles notre ingénieur explique l'action graduelle et longtemps prolongée des chaux, sur les matières qu'on mêle à elles pour en faire du mortier.

Nous regrettons d'autant plus d'être forcé de nous restreindre, qu'il nous eût été particulièrement agréable de rendre pleine justice aux très-belles expériences de M. Berthier, un des plus habiles chimistes dont la France puisse s'honorer.

### II. CIMENTS.

M. Vicat s'est également occupé avec succès des ciments.

Les architectes distinguent les ciments des mortiers d'après l'aspect physique. Le sable contenu dans le mortier y existe à l'état de mélange, sous forme de gravier plus ou moins grossier, plus ou moins apparent. La pâte du ciment paraît homogène, quoiqu'elle renferme, à la fois, de la chaux, de la silice et de l'alumine.

Aucune matière n'a joui de plus de célébrité parmi les constructeurs, que le produit connu encore aujourd'hui sous le nom de ciment romain.

Ce ciment qui, à l'origine, s'appelait ciment aquatique, fut fabriqué, dès l'année 1796, par MM. Parker et Wyatts. Il était le résultat de la torréfaction de certains galets calcaires ovoïdes qu'on trouve, en assez grande abondance, à quelque distance de Londres.

Le ciment romain, gâché en pâte un peu consistante, se solidifie en quelques minutes à l'air ou dans l'eau. Il est certains travaux, le tunnel sous la Tamise par exemple, qui n'auraient pas pu être exécutés sans ciment romain. Dans d'autres circonstances, cette solidification très-rapide devient un obstacle réel. On remplace alors le ciment par du mortier hydraulique dont le prix est d'ailleurs beaucoup moins élevé.

Parker et Wyatts fabriquaient leur ciment romain et le vendaient à toute l'Europe; les constructeurs en faisaient usage; mais ni les uns ni les autres ne se rendaient

compte de la cause réelle de ses singulières propriétés. La découverte de cette cause appartient, ce nous semble, incontestablement à M. Vicat. Nous trouvons, en effet, qu'après avoir indiqué la proportion d'argile cuite qui rend une chaux hydraulique, l'habile expérimentateur publiait, en 1817, cette remarque catégorique :

« Lorsque l'on force cette dose (la dose d'argile) jusqu'à 33 ou 40 p. 0/0, on obtient une chaux qui ne s'éteint pas; mais elle se pulvérise facilement et donne, quand on la détrempe, une pâte qui prend corps sous l'eau très-promptement. »

La proportion d'argile précitée est justement celle de la matière qui sortait des fours de MM. Parker et Wyatts. M. Vicat fit donc de toutes pièces, dès 1817, non-seulement de la chaux hydraulique, mais encore du ciment romain.

La mission de vos commissaires ne comporterait pas la citation de faits purement scientifiques; aussi s'empressent-ils de remarquer que la découverte de notre ingénieur sur les ciments est entrée largement dans le domaine des applications. Ici, comme à l'occasion des chaux hydrauliques, ainsi qu'on le verra tout à l'heure, la géologie, éclairée par M. Vicat sur l'importance industrielle des calcaires fortement argileux, a tourné de ce côté ses utiles investigations, et les constructeurs français, naguère tributaires de l'Angleterre, connaissent aujourd'hui une multitude de localités où ils peuvent préparer du ciment romain. M. Vicat, pour son compte, en a signalé plus de 400. Cette nouvelle industrie est exploitée avec avantage dans beaucoup de nos départements.

Si les bornes de ce rapport nous le permettaient, nous pourrions citer ici plusieurs personnes qui se sont rendues recommandables par la découverte de carrières de ciment romain, et, entre autres, un habile ingénieur des ponts et chaussées que la Chambre des députés a compté parmi ses membres, M. l'ingénieur en chef Lacordaire.

### III. POUZZOLANES ET TRASS.

Les pouzzolanes naturelles avaient joué un rôle trop important dans les mains des anciens architectes, le trass sous la truelle des constructeurs du moyen âge, pour que M. Vicat pût se dispenser d'étudier leur mode d'action. Malgré toutes les difficultés du sujet, le succès, au point de vue des applications, a couronné complétement les patientes et laborieuses investigations de l'ingénieur.

On donne le nom de pouzzolane à une matière d'origine volcanique qui existe en grande abondance près de la ville de Pouzzole et aux environs de Rome.

Le trass est un conglomérat, également volcanique, exploité sur les bords du Rhin, et, particulièrement, dans les environs d'Andernach.

Pour rendre une chaux grasse hydraulique, il suffit de la gâcher avec des proportions convenables de pouzzolane ou de trass.

Qu'imaginer de plus simple, de plus commode? Mais, dans une multitude de localités, le prix du transport devait rendre impossible l'usage du trass, tout aussi bien que celui de la pouzzolane. De là, mille tentatives pour préparer des matières qui possédassent les mêmes

propriétés. Chaptal crut avoir résolu le problème en calcinant très-fortement certains schistes, ou quelques argiles ocreuses. Mais en supposant les propriétés du trass et de la pouzzolane reproduites ainsi, la difficulté n'aurait été que reculée : les schistes essayés par Chaptal ne sont pas communs en France; il y avait d'ailleurs dans l'opération recommandée, même en employant l'argile ocreuse, une circonstance, la très-haute température, qui devait inévitablement faire manquer le but.

M. Vicat reprit la question dans ses éléments. Voici la solution qu'il trouva :

On peut obtenir des pouzzolanes artificielles, supérieures, ou tout au moins égales aux meilleures pouzzolanes d'Italie, par une modification particulière de l'argile la plus pure possible. Cette modification s'obtient en calcinant légèrement l'argile; en se bornant à lui enlever son eau de combinaison; en ne portant sa température qu'entre 600 et 700 degrés centigrades.

L'esprit se repose avec satisfaction sur les solutions des problèmes industriels, quand elles ont cette admirable simplicité. D'autre part, on reste émerveillé en voyant une opération tellement facile que les ouvriers l'appellent un *tour de main*, doter un royaume, disons mieux, le monde entier, d'une matière éminemment utile et qui semblait devoir rester la propriété privilégiée de quelques coins de terre, jadis le siége d'éruptions volcaniques.

Nous croirions manquer à un devoir si, après avoir cité les découvertes capitales de M. Vicat touchant la question si délicate des pouzzolanes, nous ne disions pas

qu'un officier du génie, M. le général Treussart, dont 'armée tout entière a vivement déploré la mort prématurée, a laissé sur ce sujet un ouvrage rempli d'utiles observations et de remarques précieuses.

Les publications de M. Vicat avaient depuis longtemps satisfait à tous les besoins de l'art, pour les travaux à exécuter dans l'eau douce, le long des canaux, sur les rivières et les fleuves. L'eau de mer vient de faire surgir des difficultés très-graves que personne ne soupçonnait. M. Vicat aura le double mérite d'avoir signalé le mal et indiqué le remède.

D'après des études récentes de M. Vicat, l'eau de mer a quelque tendance à décomposer tous les bétons possibles. Elle peut attaquer indistinctement ceux dans lesquels il entre des chaux grasses ou des chaux hydrauliques, des pouzzolanes naturelles ou des pouzzolanes artificielles. Cette tendance résulte de la présence, dans l'eau de mer, de certains acides qui ont une grande affinité pour la chaux et l'enlèvent aux bétons. M. Vicat a trouvé les moyens de combattre une action si funeste et de la vaincre. Il est actuellement en mesure d'indiquer les chaux, les pouzzolanes, les ciments qui, préparés par ses anciens procédés, résisteront naturellement à l'action destructive de l'eau de mer, et quant aux autres, de caractériser les modifications qu'elles devront subir pour acquérir cette même force de résistance. On concevra que, dans une question si délicate, M. Vicat ne se soit pas hâté de faire connaître ses découvertes. Nous pouvons annoncer qu'elles seront prochainement livrées au public. Il est même juste de dire qu'on leur est déjà redevable du rejet d'une nature

particulière de pouzzolane proposée pour le port d'Alger, et dont l'emploi eût été suivi de déplorables événements. La réserve dans laquelle M. Vicat s'était sagement renfermé, lui permettra de s'étayer, en faveur de ses méthodes, d'une expérience capitale et décisive : les pouzzolanes artificielles, employées avec tant de succès à Calais par M. l'ingénieur en chef Néhou, se trouvent satisfaire fortuitement aux conditions de conservation des maçonneries dans l'eau de mer, posées dans le nouveau travail de M. Vicat.

### IV. STATISTIQUE DES CHAUX HYDRAULIQUES.

Les moyens de fabrication recommandés par M. Vicat n'eurent pas le sort ordinaire des choses nouvelles. Les avantages étaient d'une évidence palpable, et la routine s'avoua vaincue du premier coup. Quelques mois à peine s'étaient écoulés depuis la publication du Mémoire de M. l'ingénieur en chef du pont de Souillac, et déjà l'on faisait usage à Paris de chaux hydraulique artificielle dans l'exécution des quais, aux abords du pont d'Iéna, dans la construction des quatre grands abattoirs, dans les travaux du canal Saint-Martin.

Plus tard, la chaux hydraulique artificielle a été moins employée; on la remplace aujourd'hui par de la chaux naturelle dont le prix est plus bas, et qui est douée des mêmes propriétés; mais, hâtons-nous de le remarquer, ici encore, on est principalement redevable à M. Vicat de nouvelles richesses que les constructeurs mettent journellement en œuvre sur tous les points du royaume.

Notre ingénieur avait trop de pénétration pour ne pas

remarquer que si, d'après sa découverte, la chaux devient hydraulique à l'aide d'une simple addition d'argile, il devait y avoir dans la quantité innombrable de formations calcaires argileuses qui existent dans notre pays, beaucoup de gîtes très-propres à fournir par la cuisson, de la chaux hydraulique naturelle. Cette idée a dominé M. Vicat. Depuis douze années, il a exploré, de ce point de vue, presque tous nos départements. Ses publications, sous le nom modeste de *Statistique des chaux hydrauliques*, ont révélé cette inappréciable richesse dans une foule de localités où elle n'était pas même soupçonnée. Les départements où l'on trouve la chaux hydraulique naturelle en plus grande abondance, sont : les départements du Lot, du Lot-et-Garonne, du Tarn, de la Dordogne, du Gard, de l'Ardèche, de la Drôme, du Gers, de la Charente, de l'Hérault, du Cher, de l'Allier, de la Nièvre, de l'Yonne, de la Côte-d'Or, de l'Ain, de l'Isère, du Jura, du Doubs, du Haut-Rhin, etc. Sur quatre-vingts départements déjà explorés, il n'en est que six ou sept, à terrains primordiaux, où la chaux hydraulique manque entièrement.

Nous allons rapporter deux faits qui montreront d'une manière frappante où en étaient les connaissances des hommes de l'art sur les ressources de notre pays en chaux hydrauliques, au moment où M. Vicat commença ses explorations.

Lorsque cet ingénieur se rendit à Marseille, on y creusait un nouveau bassin. Les entrepreneurs se débarrassaient à grands frais d'une immense quantité de déblais calcaires. Toute vérification faite, M. Vicat reconnut que

ces matières auraient pu fournir la chaux hydraulique nécessaire à l'entière construction du bassin.

Voici un fait encore plus remarquable, surtout par les conséquences qu'il a eues :

A l'époque de l'exécution des canaux de Bretagne, l'administration était très-embarrassée de savoir où elle se procurerait la chaux hydraulique. M. Vicat reçut la mission de visiter les lieux, et, presque immédiatement, il reconnut, dans les carrières de Pompéan, près de Rennes, entre les couches de pierre à chaux grasse exploitées de temps immémorial, un banc marneux verdâtre, désigné sous le nom de *brûle-mort-vert*, que les chaufourniers rejetaient avec le plus grand soin. Ce banc dédaigné a non-seulement fourni, après l'examen de M. Vicat, à tous les travaux de la Vilaine et du canal d'Isle-et-Rance, mais il est devenu la seule ressource de cette partie du royaume pour toutes les constructions hydrauliques qu'on y exécute.

## V. CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES.

Le prix de la chaux entre presque toujours pour une part considérable dans le prix des maçonneries. Les chaux ont des propriétés très-diverses qui décident de la durée des constructions et du mode de leur exécution. Dans les contrées où la chaux est abondante et de bonne qualité, les édifices durent des siècles sans avoir cependant exigé des dépenses ruineuses. On peut y construire, même pour les habitants les plus pauvres, des demeures salubres, peu exposées aux incendies; d'une solidité à

l'épreuve des ouragans, des pluies diluviales et des débordements. C'est par de telles applications que les travaux des ingénieurs, des chimistes, méritent surtout de fixer l'attention des pouvoirs publics et des législateurs. Arrêtons un moment nos regards sur cette phase de la question ; cherchons à évaluer en nombres les services que, sous ce rapport, M. Vicat a rendus à son pays.

C'est à Paris que les procédés de M. Vicat reçurent d'abord une vive impulsion par les soins de M. Bruyère; c'est à Paris que nous trouverons une première évaluation des économies que ces procédés ont amenées.

Avant 1818, les travaux hydrauliques de la capitale étaient presque tous exécutés en plâtre ou avec de la chaux grasse. De là, de nombreuses et très-coûteuses réparations annuelles. Depuis 1818, date des premières publications de M. Vicat, on a eu recours à la chaux hydraulique. C'est la chaux hydraulique qui donnera aux constructions nouvelles une durée à peu près indéfinie.

La même solidité aurait été obtenue avec de la chaux de Senonches; mais la chaux de Senonches, rendue à Paris, coûte de 80 à 90 francs le mètre cube, tandis que la chaux provenant des carrières à plâtre, cette chaux que, avant les recherches de M. Vicat, on jetait dans les décharges, vaut environ 40 francs. Cette différence de prix, appliquée au volume de 37,000 mètres cubes de chaux que les ingénieurs de Paris ont employés, de 1818 à 1841, à la construction des égouts, des réservoirs d'eau, des canaux, etc., correspond à une économie de plus de 1,500,000 francs.

Un des membres de votre commission dirigeait une

partie des travaux de l'enceinte continue de la capitale. Il s'est empressé de mettre sous les yeux de ses collègues des tableaux détaillés, desquels il résulte, avec une entière évidence, que, dans la seule chefferie de Belleville, pendant les années 1840, 41, 42, 43 et 44, une économie de plus d'*un demi-million* a été la conséquence de l'exploitation d'une certaine chaux trouvée sur place, dont on n'aurait certainement fait aucun cas avant les savantes publications de M. Vicat.

Nous passerons maintenant à des tableaux où les économies, résultant immédiatement des recherches du célèbre ingénieur, se présenteront sur une bien plus grande échelle.

1° *Relevé des écluses et barrages construits en France, en vertu des lois du 5 août 1821 et du 14 août 1822.*

| Noms des canaux. | Nombre d'écluses. | Nombre des barrages. |
|---|---|---|
| Du Rhône au Rhin | 162 | |
| De la Somme | 24 | |
| Des Ardennes | 49 | |
| De la rivière d'Isle | 39 | 39 |
| D'Aire à la Bassée | 〃 | |
| De Bourgogne | 191 | |
| De Nantes à Brest | 234 | |
| D'Isle-et-Rance | 28 | |
| Du Blavet | 28 | 28 |
| D'Arles à Bouc | 4 | |
| Du Nivernais | 114 | |
| Du Berry | 115 | |
| Latéral à la Loire | 45 | |
| De la rivière du Tarn | 9 | 9 |
| De l'Oise | 7 | 7 |
| Total | 1049 | 83 |

2° *Écluses et barrages des canaux entrepris en vertu des lois des 3 juillet 1838 et 8 juillet 1840.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *D'autre part...* | 1049 | *D'autre part.* | 83 |
| De la Marne au Rhin.......... | 180 | | |
| Latéral à la Garonne.......... | 50 | | |
| *Perfectionnements de navigation en rivière.* | | | |
| Partie latérale à la Marne...... | 14 | | |
| Charente.................. | 10 | | |
| Dordogne.................. | 9 | | |
| Tarn...................... | 6 | .............. | 6 |
| Lot....................... | 30 | .............. | 47 |
| Totaux....... | 1348 | | 136 |

Autrefois une écluse ne pouvait être solidement fondée que sur des grillages en charpente avec épuisements. On la bâtissait en totalité avec de la pierre de taille; encore, après toutes ces précautions, était-elle sujette à de fréquentes dégradations par la détérioration des mortiers de l'intérieur des maçonneries. A raison de ce mode de construction, à raison surtout des épuisements, certaines écluses coûtèrent jusqu'à trois cent mille francs. En moyenne, la dépense n'était pas au-dessous de 100,000 francs. Aujourd'hui, grâce à la suppression des épuisements, des bâtardeaux, etc., grâce à l'emploi de petits matériaux que permet la chaux hydraulique, ce prix varie entre 38,000 et 50,000 francs. L'économie minimum par écluse est donc de 50,000 francs, et sur les 1340 écluses, de 67 millions.

Un barrage en rivière coûte, à cause de la largeur du lit et de quelques difficultés spéciales, autant que plu-

sieurs écluses ; nous admettrons, en moyenne, que chaque barrage vaut deux écluses; à ce compte, les cent trente-six barrages cités représenteront une économie de 13,600,000 francs.

Nous ne pouvons rien donner d'aussi précis, faute de documents, sur les travaux hydrauliques appliqués au perfectionnement de la navigation des rivières, consistant en barrages isolés, en barrages à pertuis, en épis, etc. ; mais on conçoit sans peine, d'après ce qui précède, que ces constructions ne sauraient figurer dans ce résumé, pour une économie de moins de 20 millions.

Dans les travaux en projet destinés à compléter le système de navigation intérieure, on compte 910 écluses et 41 barrages. En appliquant ici les chiffres précédemment établis, on arrive pour ces futurs travaux à une économie de 49 millions.

### 3° *Grands ponts en pierre de taille; ponts moyens et autres.*

Pour établir une comparaison suffisamment exacte entre ce que coûtaient les ponts fondés par caissons et pilotis, et ce qu'ils coûtent aujourd'hui par la fondation en bétonnement, il faut prendre une unité de comparaison indépendante du nombre et des dimensions des arches et de leur largeur. Ce sera le mètre carré de surface comprise entre les parapets que nous choisirons.

En procédant ainsi, on a trouvé pour les ponts à caissons et pilotis dans lesquels la substitution de la nouvelle méthode à l'ancienne eût été possible, que le mètre carré a coûté en moyenne 1,312 francs.

Or, pour les ponts placés dans des circonstances toutes pareilles sur des fleuves ou rivières à grands débouchés, mais fondés par bétonnement, le mètre carré a coûté en moyenne 625 francs. Le rapport de la dépense ancienne à la dépense nouvelle est de 100 à 47. A ce compte, un pont fondé comme celui d'Iéna ou de Sèvres, coûtant moyennement 2,600,000 fr., un pont semblable, fondé suivant la nouvelle méthode, ne coûtera que 1,222,000 francs. Partant, l'économie par pont sera de 1,378,000 francs. Depuis 1818, il y a eu dix-neuf grands ponts semblables fondés par bétonnement, ce qui représente une économie de 26,182,000 francs.

Si des grands ponts nous passons aux ponts moyens de 15 à 20 mètres d'ouverture pour chaque arche, nous trouvons qu'il faut en porter le nombre à trente. Chacun, toute proportion gardée, offre une économie de 235,000 francs, ce qui fait pour les trente, 7,050,000 francs.

Quant aux ponts d'une seule arche de 15 à 20 mètres d'ouverture, il en a été construit plus de mille, dans l'intervalle de vingt-cinq ans, tant sur les routes royales que sur les routes départementales. Pour chacun de ces ponts, l'économie moyenne résultant de la suppression des épuisements et du remplacement de la pierre de taille par le béton dans la fondation, s'élève à 25,000 francs. Le total est de 25 millions.

### 4° *Ponts suspendus.*

A la date du 1er juillet 1843, il avait été concédé 327 ponts suspendus, ayant une, deux, trois et quatre travées. Afin de rester au-dessous de la vérité dans nos

calculs, nous ne compterons que 327 travées de 100 mètres chacune, coûtant 100,000 fr. Déduisant de cette somme 30,000 francs, prix du tablier et des moyens de suspension, il reste 70,000 francs pour les fondations et la maçonnerie. L'expérience ayant montré que, pour les ponts comme pour les écluses, la dépense a baissé de plus de moitié, il y aurait lieu de faire ici une réduction encore plus considérable. Toutefois, nous ne compterons que moitié, ce qui donne pour économie le montant de la dépense actuelle, ou 22,890,000 francs.

5° Récapitulation. — *Économies faites sur la construction :*

| | |
|---|---|
| Des écluses.................... | 67,350,000 fr. |
| Des barrages adjacents.......... | 13,600,000 |
| Des barrages isolés, épis, etc.... | 20,000,000 |
| Des grands ponts............... | 26,182,000 |
| Des ponts moyens.............. | 7,050,000 |
| Des ponts d'une seule arche..... | 25,000,000 |
| Des ponts suspendus........... | 22,890,000 |
| Total.... | 182,072,000 fr. |

Les économies qu'on n'a pu apprécier faute de documents suffisants, portent :

1° Sur les ponts en bois ou en fer soutenus sur piles en maçonnerie ;

2° Sur les ponts d'une seule arche de 6 à 10 mètres d'ouverture ;

3° Sur les quais, digues et bassins, etc., à la mer ;

4° Sur les fondations des édifices particuliers et publics des villes ;

5° Sur les travaux militaires.

Il est utile de remarquer que nous n'avons tenu aucun compte de la question de temps. Or, en pareille matière, le temps se traduit en argent et devient, financièrement parlant, d'une haute importance. Les nouvelles méthodes de fondation permettent d'exécuter en un ou deux ans, ce qu'on ne pouvait autrefois terminer qu'en cinq ou six. Il y a donc, sous ce rapport aussi, un bénéfice considérable.

Une conclusion ressort avec évidence de tout ce qui précède : c'est qu'en supposant l'art des constructions tel qu'il était avant 1818, tel qu'il était avant les recherches de M. Vicat, la plupart des grandes entreprises en cours d'exécution, seraient entièrement paralysées par des considérations de temps et de dépense.

Qu'on juge par les économies passées, des économies futures. Celles-ci devant toujours être proportionnelles aux masses croissantes des travaux d'art, l'on arrivera à des chiffres qui frapperont d'étonnement les esprits les plus froids.

Si nous ne sentions, Messieurs, combien la récompense demandée acquerra de prix par la manière solennelle dont elle pourra être accordée, nous aurions vraiment supprimé tous ces chiffres, toutes ces remarques. Au point de vue purement financier, que sont, en effet, 6,000 fr. de rente viagère, à côté des économies colossales dont le pays est redevable aux travaux de M. Vicat?

### VI. DES TRAVAUX DE M. VICAT, COMPARÉS A CEUX DES ANCIENS.

Certains érudits professent une admiration absolue, passionnée, pour les monuments de l'antiquité. A les en croire, les Grecs et les Romains avaient tout découvert dans l'art des constructions. La solidité de certains édifices encore debout montre que les architectes modernes sont de vrais écoliers. M. Vicat a seulement retrouvé des méthodes pratiquées jadis en Égypte, à Athènes, à Rome, et dont le souvenir s'était perdu dans les temps de barbarie.

Quoique nous n'apercevions pas le tort que ces réflexions pourraient faire aux travaux de M. Vicat; quoique la découverte d'une vérité perdue nous semble devoir être assimilée à la découverte d'une vérité nouvelle, la commission s'est livrée à un examen minutieux de la prétendue supériorité des anciens sur les modernes dans l'art de bâtir. Nous avons cherché, surtout, si cette supériorité serait soutenable en présence des progrès qui sont dus aux découvertes de notre célèbre ingénieur.

« Des mortiers romains durent depuis dix-huit siècles. Un grand nombre de bâtisses modernes sont dans un état déplorable. »

Ce rapprochement pèche par la base. Pour lui donner de la valeur, il faudrait ne mettre en parallèle que les grands monuments des deux époques. Mais alors les résultats seraient fort différents de ceux dont les érudits prétendent s'étayer.

Les remparts de la Bastille étaient d'une extrême soli-

dité, même au milieu de leur épaisseur. On eut recours à la mine pour les détruire.

La poudre devint également nécessaire lorsqu'on voulut, il y a peu d'années, faire disparaître à Agen les ruines d'un pont construit vers l'an 1200. M. Vicat s'est assuré lui-même que le mortier du pont de Valentré, bâti à Cahors en 1400, surpasse en dureté celui du théâtre antique dont on voit les ruines dans la même ville.

Les architectes anciens, comme les constructeurs modernes, bâtissaient, suivant la nature des matériaux disponibles, et aussi suivant des exigences financières, soit des édifices inébranlables, soit, avec les mêmes formes extérieures, des temples, des palais, des maisons particulières sans solidité. Les constructions de cette dernière catégorie devaient rapidement disparaître. Les autres ont seules résisté aux ravages du temps, à l'action incessante des intempéries des saisons. Les admirateurs aveugles des siècles passés auraient-ils, par hasard, oublié ces paroles si précises de Pline : « La cause qui fait tomber à Rome tant de maisons, réside dans la mauvaise qualité du ciment. »

Si, comme on le prétend, les Romains connaissaient des méthodes certaines pour préparer du bon mortier, on devrait trouver cette matière dans tous leurs monuments publics, avec des qualités à peu près identiques. Or, il n'en est pas ainsi, tant s'en faut, même en comparant les différentes parties d'un seul édifice. La commision a remarqué dans plusieurs publications de M. Vicat, des expériences très-propres à éclaircir ce sujet : celles, par exemple, faites avec du mortier tiré de divers points du

pont du Gard; ces expériences donnent des résistances variant dans le rapport d'un à trois.

Les personnes qui voudront se livrer à de semblables comparaisons, devront se ressouvenir que le temps ajoute sans cesse, dans les fondations, à la dureté du mortier. Le mode d'action par lequel ce *conglomérat* artificiel se durcit, acquiert de l'adhérence, est encore un sujet de controverse entre les savants; mais personne ne nie que, dans certaines circonstances, la mystérieuse action ne puisse se continuer pendant une longue suite de siècles.

On paraît oublier qu'en ce qui touche les connaissances des anciens sur l'art de bâtir, nous n'en sommes pas réduits à de simples conjectures. Vitruve, contemporain et architecte d'Auguste, nous a laissé le tableau détaillé des préceptes en usage parmi les constructeurs de la Grèce et de Rome. Ces préceptes sont loin de justifier l'admiration sans réserve des antiquaires.

Les anciens n'étaient en possession, cela va sans dire, d'aucune notion exacte concernant la modification chimique qu'une pierre calcaire éprouve par les soins du chaufournier, modification après laquelle sa friabilité est si grande; ils ne savaient rien, non plus, touchant le genre d'action qui restitue aux éléments désagrégés de cette pierre passée à l'état de chaux, la dureté et l'adhérence dont le feu les avait privés. Les efforts de Vitruve pour enchaîner ces phénomènes dans les liens d'une explication plausible restèrent sans résultat. Il en fut de même, jusqu'aux découvertes chimiques de Black sur l'acide carbonique, des tentatives des successeurs les plus illus-

tres de Vitruve : des Scamozzy, des Philibert Delorme, des Perrault, etc.

Un seul mot désabusera tous ceux qui se persuadent que les erreurs théoriques de ces grands architectes étaient sans conséquence. Voyez Philibert Delorme : pour arriver au maximum de solidité dans les édifices, il croit nécessaire que la chaux ait été extraite du banc même de pierre calcaire dont le constructeur tirera les matériaux de sa maçonnerie. Cette prescription, si elle était strictement suivie, amènerait une augmentation de dépense incalculable.

Des constructeurs qui se réglaient, dans le choix de leurs chaux, sur la couleur de la roche d'où on les extrayait; qui ne connaissaient aucune chaux hydraulique naturelle; qui prodiguaient dans leur mortier l'emploi du tuileau, des briques concassées, ne sauraient sans une profonde injustice être placés en parallèle avec les constructeurs modernes. Si nous mettons à part de très-belles observations sur les propriétés des pouzzolanes naturelles, sur la possibilité de faire usage de cette matière pour créer d'énormes blocs factices destinés à être jetés à la mer, nous trouverons que les Romains ne nous ont appris rien d'essentiel concernant l'art de bâtir.

Au reste, tout ce qu'on tenterait pour exalter le mérite des anciens dans l'art des constructions, tournerait à la plus grande gloire de M. Vicat. Le meilleur mortier extrait des monuments romains avait, après deux mille ans d'ancienneté, une dureté précisément égale à celle que M. Vicat obtient avec ses bonnes chaux, dans le court intervalle d'un an à dix-huit mois. En faisant porter la

comparaison sur les résistances moyennes, l'avantage reste dans de très-larges proportions au mortier moderne.

VII. OPINION DES CHIMISTES ET DES CONSTRUCTEURS SUR LES TRAVAUX DE M. VICAT.

Les découvertes de M. Vicat sont d'une importance palpable. Depuis environ un quart de siècle, tous les constructeurs en font leur profit; or, en pareille matière, chacun doit le comprendre, c'est aux praticiens à prononcer définitivement. Néanmoins, pour ne négliger aucun genre d'information, la commission a cru convenable de recueillir aussi les opinions des chimistes, des ingénieurs, qui se sont occupés avec le plus d'habileté et de profondeur des applications des sciences aux arts.

Dans cette recherche, nous n'avons trouvé que des appréciations très-flatteuses des travaux du célèbre ingénieur; personne ne nous a paru avoir contesté leur nouveauté.

Le premier Mémoire de M. Vicat sur la production de la chaux hydraulique artificielle est-il présenté à l'Académie des Sciences, ce corps savant décide, sur la proposition de MM. de Prony, Girard et Gay-Lussac, que le Mémoire paraîtra dans la collection célèbre intitulée : *Recueil des Savants étrangers*. A cette approbation, la plus considérable que donnent jamais les commissions académiques, vient se joindre bientôt un témoignage d'estime fort recherché dans le monde entier : l'Académie nomme M. Vicat un de ses correspondants.

Le conseil des Ponts et Chaussées appelé, au com-

mencement de l'année 1818, à dire son avis sur la formation artificielle de la chaux hydraulique, déclare, par l'organe de l'austère et très-habile M. Bruyère, « que les avantages des nouveaux procédés seront innombrables; qu'ils dispenseront de l'emploi ruineux des véritables pouzzolanes, et de celui des pierres de grandes dimensions, prodiguées dans les édifices modernes, malgré tant d'exemples contraires offerts par les Romains et les Goths. On peut même prévoir, ajoutait l'habile inspecteur général, que d'ici à quelques années il ne sera plus permis d'employer d'autre mortier dans les constructions publiques. »

Lorsque M. Vicat fait connaître la première partie de son travail statistique sur les chaux hydrauliques de France, l'Académie lui décerne une des médailles fondées par Monthyon.

Écoutons M. Berthier, le juge le plus compétent des découvertes de M. Vicat qu'il eût été possible de trouver dans le monde entier :

« Le travail de M. Vicat sur les chaux et les mortiers doit être placé au rang des plus beaux ouvrages qui soient dus aux membres du corps des Ponts et Chaussées. Sa découverte relative à la fabrication des chaux hydrauliques artificielles est de la plus haute importance.... En la rendant publique, M. Vicat a agi d'autant plus noblement qu'il aurait pu en tirer un parti considérable, soit en la vendant, soit en s'en réservant l'exploitation par un brevet d'invention. »

M. Dumas, nous ne voulons citer que de très-grandes notabilités scientifiques, M. Dumas déclare dans sa

*Chimie appliquée aux arts*, que la solution pratique de la question, longtemps débattue, des chaux hydrauliques, est due tout entière aux remarquables travaux de M. Vicat. En parlant des pouzzolanes artificielles, l'illustre chimiste ajoute : « Ce sont pourtant des essais de laboratoire qui ont conduit M. Vicat à l'importante découverte dont il a enrichi les arts. L'état dans lequel il avait trouvé la question, rend cette découverte d'autant plus remarquable. »

Nous pourrions emprunter des témoignages également flatteurs à une foule d'écrits, et particulièrement à deux beaux articles de M. Chevreul, insérés dans le *Journal des Savants*. Ces jugements, malgré les sources élevées d'où ils émanent, ne devaient pas, sans doute, empêcher la commission de se livrer au travail minutieux dont la Chambre a entendu les résultats; mais, lorsque par ses propres lumières, elle a été conduite aux opinions professées à l'Académie des Sciences, et aux jugements des Gay-Lussac, des Berthier, des Chevreul, des Dumas, des Bruyère, il semblera naturel qu'elle ait désiré se prévaloir d'une circonstance qui prouve qu'elle ne s'est pas égarée.

### VIII. RÉSUMÉ.

En résumé :

M. Vicat a démontré, le premier, que les propriétés des chaux hydrauliques naturelles dépendent de l'argile disséminée dans le tissu de ces chaux, c'est-à-dire d'une action particulière que la silice réunie à l'alumine exerce

sur la chaux, quand ces matières ont été amenées par la cuisson à un état convenable.

M. Vicat a fait, le premier, de la chaux hydraulique de toutes pièces, non pas seulement en petit dans un laboratoire, mais très en grand sur ses chantiers du pont de Souillac. Les piles de ce beau pont reposent sur des masses de béton formées avec de la chaux hydraulique artificielle. Depuis les travaux de M. Vicat, on peut se procurer de la chaux faisant promptement prise dans l'eau, partout où cette nature de chaux devient nécessaire.

M. Vicat a libéralement livré sa découverte au public. Il est certain qu'en s'assurant, à l'aide d'un brevet d'invention, la fabrication privilégiée de la chaux hydraulique artificielle, cet ingénieur aurait fait une fortune immense.

La première découverte de M. Vicat, malgré son importance, a pâli, si l'expression nous est permise, à côté des conséquences capitales qu'elle a eues. Nous avons vu cet ingénieur infatigable, parcourant la France pas à pas, recherchant les couches calcaires marneuses, les bancs argileux dans lesquels pouvaient se trouver naturellement réunis en proportions convenables, les éléments constitutifs des chaux hydrauliques; nous l'avons suivi pendant douze années dans cette exploration devenue tellement fructueuse que l'on connaît maintenant sur le sol français, par les seules indications de M. Vicat, neuf cents carrières propres à fournir des chaux hydrauliques, tandis qu'auparavant on en comptait tout au plus huit à dix. M. Vicat a si bien apprécié tout ce qu'il y

aura de glorieux pour lui à avoir révélé, à avoir mis aux mains des constructeurs tant de riches matériaux enfouis dans les entrailles de la terre ou même délaissés à la surface, qu'afin de compléter cette œuvre, il a renoncé à l'avancement auquel son ancienneté et son mérite éminent lui donnaient des droits incontestés et incontestables [1].

Les travaux de M. Vicat sur les pouzzolanes ont été également clairs et décisifs. Il en est résulté que les argiles les plus pures peuvent donner des pouzzolanes artificielles, supérieures, ou au moins égales aux pouzzolanes d'Italie; or, comme la nature a déposé de l'argile avec une sorte de profusion à la surface du globe, rien n'empêchera aujourd'hui d'obtenir à bon marché des pouzzolanes énergiques, en quelque région du pays qu'on se trouve.

La France qui, avant M. Vicat, était tributaire de l'Angleterre pour le ciment romain, pourrait aujourd'hui satisfaire à tous les besoins de l'Europe entière.

Le système général de fondations par voie de bétonnement date des découvertes que nous avons analysées, et particulièrement des beaux travaux du pont de Souillac. Les ingénieurs instruits et consciencieux ne manquent jamais de faire une large part à M. Vicat dans les succès qu'ils obtiennent, alors même que les circonstances leur ont permis de recourir exclusivement aux chaux hydrauliques et aux pouzzolanes naturelles. C'est

1. M. Vicat, nommé inspecteur divisionnaire sous le ministère de M. Dufaure, a demandé à rester attaché, avec son grade d'ingénieur en chef, à l'exploration qu'il avait si heureusement commencée.

ainsi, par exemple, qu'à l'occasion de la réussite complète et vraiment extraordinaire du nouveau bassin de radoub à Toulon, fondé à 13 mètres au-dessous du niveau de la mer, l'habile directeur de ce travail, M. Noël, écrivait le 24 avril dernier à M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics : « Au moment où la loi relative à M. Vicat va être discutée, j'ai pensé qu'il ne serait pas inutile de porter à votre connaissance un fait qui, en montrant ce qu'on peut obtenir pour les bétonnages, donne une nouvelle importance aux travaux de l'illustre ingénieur qui a fait faire de si gands progrès à notre art. »

Grâce aux veilles laborieuses et persévérantes de M. Vicat, des travaux réputés jadis impossibles s'exécutent aujourd'hui à coup sûr dans toutes les parties du royaume, et sans exiger nulle part des dépenses ruineuses.

Nous ne reproduirons pas les nombres que nous avons donnés, concernant les économies qui, dans les seuls travaux publics, peuvent être attribuées à l'invention principale de M. Vicat. Ces nombres ont dû se graver dans tous les esprits. On citerait, en effet, difficilement, une découverte qui dans le court intervalle de vingt-six années, ait eu de si colossales applications, de si utiles résultats.

La commission pense, à l'unanimité, qu'en votant sans aucune modification la loi qui a été présentée par M. le ministre des travaux publics, on ne rendrait pas à M. Vicat une justice complète. Elle désirerait que la pension viagère de 6,000 fr. fût accordée, plus explici-

tement, à titre de récompense nationale. Tel est le seul changement dont le projet du gouvernement nous ait paru susceptible. Nous espérons que la Chambre, adoptant nos opinions sur les services rendus au pays par M. Vicat, voudra bien donner son adhésion à l'amendement que nous avons l'honneur de lui présenter. M. le ministre des travaux publics l'a déjà accepté.

[Sur ce rapport, le projet de loi du gouvernement, amendé par M. Arago, a été adopté sans discussion le 16 juin 1845.

Du reste, dès le 5 juin 1837, M. Arago avait appelé l'attention de la Chambre des députés sur les immenses services rendus par M. Vicat. Après avoir été conduit à reprocher à l'administration de la marine le dédain qu'elle avait manifesté plusieurs fois pour les hommes de science, il ajouta les paroles suivantes, relatives aux travaux de M. Vicat:]

Les reproches que je viens d'adresser à la marine, je pourrais les généraliser. Il y a dans d'autres administrations des inventeurs qui, eux aussi, ont rendu au pays d'éminents services, des services qui, évalués en argent, seraient incalculables, sans qu'on ait songé à les récompenser. Qu'il me soit permis, dans un moment où nous sommes saisis de tant de projets de constructions, de citer ici, parmi ces inventeurs dédaignés, M. Vicat. Quand on bâtit dans un terrain humide, quand on bâtit sous l'eau, on a besoin d'une espèce de chaux particulière, d'une chaux à la solidification de laquelle la présence de l'eau ne fasse pas obstacle. Cette chaux, on l'appelle hydraulique. Comment autrefois la faisait-on? En mêlant de la chaux ordinaire avec de la pouzzolane de Naples ou avec du trass recueilli sur les bords du Rhin. Ainsi jadis, pour construire solidement en terrain humide,

il fallait aller se pourvoir de certaines matières à Naples et sur les bords du Rhin. Aujourd'hui, grace aux travaux de M. Vicat, il n'est pas de pays où on ne puisse faire des chaux hydrauliques de toutes pièces; il en est même peu où l'on n'en trouve de naturelles. Dans l'art des constructions c'est une révolution totale; eh bien, celui qui a fait cette révolution, celui qui procure aux particuliers et au gouvernement une économie que je n'exagérerais peut-être pas en la portant à 50 ou 60 millions pour chaque période de dix ans, n'a pas même reçu dans son corps un avancement auquel son mérite lui donne des droits incontestables.

# NAVIGATION

## I

### AMÉLIORATION DU COURS DE LA SEINE DANS PARIS

[Dans la séance de la Chambre des députés du 2 mars 1846, à l'occasion d'un projet de loi sur la navigation intérieure de la France, M. Arago a prononcé le discours suivant, dans lequel il traite des moyens d'améliorer le cours de la Seine dans Paris.]

Messieurs, il y a dans le projet de loi sur lequel nous sommes appelés à délibérer, des questions très-diverses. J'admets, sous le bénéfice de quelques observations particulières, les solutions qui ont été proposées par le gouvernement. Je donnerai mon assentiment à la plupart des améliorations qu'on propose pour nos rivières. Mais il y a un point spécial sur lequel je suis en désaccord complet avec le projet ministériel : c'est le système de travaux qu'on nous propose pour rendre la Seine navigable dans l'intérieur de Paris. Ces travaux me paraissent mesquins, insuffisants ; ils ne répondraient pas aux besoins du commerce, et compromettraient un projet qui, sans être très-dispendieux, aurait de la grandeur et pourrait être substitué avec avantage à celui que l'administration a adopté.

Voilà la thèse que je traiterai ; j'espère rendre mes arguments assez clairs pour ne pas abuser de l'attention de la Chambre.

Il y a, Messieurs, dans la traversée de Paris, une navigation importante : c'est la navigation descendante. La navigation montante, comme on vous l'a dit, est beaucoup moins considérable ; c'est donc la navigation descendante qu'il faut particulièrement encourager.

L'honorable M. Ternaux vous a fait une peinture animée et très-juste des obstacles que rencontre la navigation descendante, navigation active, car 1,700 trains de bois, 1,000 bateaux chargés de diverses marchandises descendent la Seine.

Dans le passage du Pont-au-Change au pont Notre-Dame, il existe un véritable danger. Il y a là une forte chute qu'il faut franchir. Par une négligence impardonnable de nos pères, des ingénieurs qui ont construit ces deux ponts, l'arche marinière du pont Notre-Dame se trouve précisément en face de la première pile du Pont-au-Change ; il résulte de là que, dans le court intervalle d'un pont à l'autre, on est obligé de faire des manœuvres serpentantes, difficiles, qui exigent le concours, les efforts de mariniers expérimentés. Souvent l'expérience, la force et l'habileté de ces hommes d'élite ne suffisent pas. Aussi voit-on bien des fois des bateaux en travers des arches du Pont-au-Change, des trains de bois rompus sur les piles ; tout ce qu'a dit à cet égard M. Ternaux est parfaitement exact. Il est évident qu'il faudrait rendre sur ce point la navigation de la Seine facile, sûre et économique.

Le projet de loi satisfait-il à ces conditions ? Après l'exécution des travaux qu'on vous propose, le passage du pont Notre-Dame au Pont-au-change sera-t-il facile,

sans danger, économique? Nullement, Messieurs, nullement. On vous dit dans l'exposé des motifs que la navigation descendante continuera à se faire par le grand bras droit; ainsi tous les dangers dont je viens de parler subsisteront.

J'admets, quoiqu'on ne le dise point, que quelques bateaux descendront exceptionnellement par le bras gauche. Je ne sais pas, en vérité, s'il serait juste et convenable que la Chambre s'occupât de ces quelques bateaux privilégiés lorsque les inconvénients et les dangers continueraient à subsister pour le grand nombre et pour tous les trains.

On a beaucoup parlé à la tribune du conseil municipal, de ses délibérations; on a parlé de la commission d'enquête; on m'a fait l'honneur de me nommer. Oui, partout j'ai entendu voter pour qu'on améliorât la navigation, mais surtout la navigation du bras droit, la navigation descendante, si active et si dangereuse; oui, partout, j'ai vu émettre le vœu qu'on trouvât le moyen d'effacer le *Niagara* de la Seine qui existe entre le pont Notre-Dame et le Pont-au-Change. De tout cela il n'en est pas question dans le projet de loi. On n'améliore pas ce qu'il faut améliorer d'abord, on ne cherche pas à rendre la navigation descendante sûre, facile, économique; on s'occupe de la seule navigation montante. Je lui accorde aussi mon intérêt; je ne lui refuserai pas mon concours. Je ne demande pas mieux que de voir la Chambre voter des améliorations pour la navigation ascendante, mais il est évident que c'est par la navigation descendante qu'il faut commencer.

Nous demandons avec instance qu'on fasse disparaître les dangers de la navigation du bras droit; l'administration nous répond qu'elle abattra trois ponts sur le bras gauche. En vérité on ne comprend pas un tel système.

Si l'on avait fait un projet d'ensemble, si l'on s'était à la fois occupé de la navigation du bras droit et de la navigation du bras gauche, ces ponts auraient été conservés. Je sais bien qu'on veut les remplacer par des ponts en fer élégants, légers; je sais toute l'estime que ces ponts méritent ; je suis un des grands admirateurs du pont des Saints-Pères ; mais, je l'avoue franchement, j'aime encore mieux les ponts de pierre.

QUELQUES MEMBRES. Vous avez raison.

M. ARAGO. Ils présentent une solidité qui les rend préférables aux ponts colifichets. Demandez à M. le préfet de police si les jours de grande fête à Paris il se préoccupe le moins du monde de la circulation qui s'établit sur les ponts de pierre? N'a-t-il pas au contraire de grandes craintes touchant ce qui peut arriver sur les ponts en fer, suspendus ou non ?

En résumé, nous, membres du conseil municipal de Paris, nous demandions l'amélioration du bras droit pour laquelle se fait presque toute la navigation ; on propose l'amélioration du bras gauche. Il est vrai qu'on fera remonter les bateaux par le bras gauche ; mais de quelle manière? Par le halage! avec des chevaux! En 1846, à côté d'une force motrice immense ; en 1846, après les perfectionnements que les machines hydrauliques et les machines à vapeur ont reçus, l'administration nous propose un chemin de halage et des chevaux !

Je le dis à regret, Messieurs, une pareille proposition n'est pas de notre temps, elle n'est pas admissible : ce genre de halage, M. le rapporteur l'a appelé *presque* barbare. Je lui en demande pardon, le mot *presque* doit être supprimé ; il faut l'appeler barbare tout à fait. (On rit.)

L'honorable M. Muret de Bort a parlé avec beaucoup de raison du peu d'importance de la navigation montante. Mais on suppose des changements dans les habitudes du commerce, et, comme il vous l'a dit, ces changements sont de véritables rêves. M. Muret de Bort vous a cité l'entrepôt, il aurait pu parler aussi de la gare de Grenelle. Voyez quel a été son sort : elle est déserte, entièrement abandonnée.

Avez-vous remarqué, Messieurs, comment on se propose d'obtenir le tirant d'eau de 1$^{m}$.6 sur le bras gauche?

Est-ce par quelques grandes retenues, par des portes d'écluses, par une de ces inventions qui frappent les yeux de tout le monde quand on parcourt les pays étrangers et quelques parties de notre territoire? Non; on veut faire un dragage ; on va faire un chenal.

Qui oserait dire, avec quelque certitude, combien de temps l'effet du dragage durera? Les eaux, sur ce bras, vont être rendues presque stagnantes. D'après cette seule considération, j'ose affirmer que la navigation du bras gauche sera fort souvent interrompue ; que la machine à draguer y fonctionnera continuellement.

Il est vrai qu'on nous offre un dédommagement. La navigation du bras droit restera avec tous ses dangers, avec toutes ses difficultés, avec l'énormité des dépenses

qu'elle exige ; mais on ne touchera pas à la pompe Notre-Dame. En vérité, est-ce là une compensation? (Mouvement au banc des ministres.)

Cette flatteuse annonce est dans l'exposé des motifs.

M. LE SOUS-SECRÉTAIRE D'ÉTAT DES TRAVAUX PUBLICS. Nous ne voulons pas l'acheter.

M. ARAGO. C'est la plus misérable machine qu'il soit possible de citer.

M. LE SOUS-SECRÉTAIRE D'ÉTAT DES TRAVAUX PUBLICS. C'est vrai! nous le reconnaissons.

M. ARAGO. Si vous voulez la conserver pour montrer combien, depuis cent ans, l'art des constructions et de la mécanique ont fait de progrès, à la bonne heure! mais vous ne pouvez la conserver que comme échantillon de la science de nos devanciers, que comme un monument historique. (On rit.)

M. LE SOUS-SECRÉTAIRE D'ÉTAT DES TRAVAUX PUBLICS. Elle est détestable!

M. ARAGO. Je puis vous dire, d'après des expériences directes, à quel point elle est détestable; je puis établir ce point par des chiffres.

M. LEGRAND. Je le sais bien!

M. ARAGO. J'entre dans la voie que vous m'ouvrez: la machine en question dépense 100 fr., et produit 7 fr.

Voilà la valeur en chiffres de la machine que vous ne voulez pas détruire; voilà les hauts faits de l'appareil dont la conservation nous est citée comme un avantage attaché au système de travaux proposé.

La commission a demandé l'ajournement; moi je suis persuadé, comme le dit le rapport de la commission, que

des travaux sont nécessaires dans l'intérieur de Paris. Je crois qu'il est indispensable de mettre l'amont et l'aval de la Seine en communication directe ; je désire aussi vivement, aussi fortement que personne, que des travaux tendant à ce but s'exécutent; mais je m'appuie sur les raisons que je viens de donner pour solliciter un délai. Je demande que d'ici à l'année prochaine, car je ne voudrais pas un plus grand retard, on rédige un projet d'ensemble sur l'amélioration de la navigation de la Seine dans la traversée de Paris, embrassant à la fois le bras droit et le bras gauche.

Ne compromettez pas, Messieurs, cette grande question. Je vais prouver tout à l'heure que le mot *grande* dont je viens de me servir n'est pas hors de propos. Ne compromettez pas, dis-je, cette grande question par des travaux insignifiants, je dis plus, par les travaux nuisibles qu'on vous propose de faire sur le bras gauche.

AU BANC DES MINISTRES. Nuisibles?

M. ARAGO. Oui, nuisibles, c'est le terme dont je me sers, et je vais le justifier. Sans doute vous n'engagez pas l'avenir par ces travaux, si vous entendez qu'à l'époque où on exécutera le projet d'ensemble, on pourra en détruire une partie. (M. le ministre des travaux publics fait un signe de dénégation.)

M. le ministre fait un signe de dénégation; eh bien, j'entrerai, sur ce point tout à l'heure, dans quelques développements qui, j'espère, le frapperont.

Il y a une question d'argent que l'honorable M. Muret de Bort a traitée en détail. Il a dit que le commerce, je vais même ajouter quelque chose à ses chiffres, ne tire-

rait de la navigation montante de la Seine, en supposant qu'elle fût complétement améliorée, qu'une économie d'une centaine de mille francs.

J'admets ce résultat, et je vais le mettre en présence des bénéfices immenses qu'on obtiendrait pour la ville de Paris et pour le pays, si l'on exécutait le travail en totalité, au lieu de le prendre par parties; au lieu, permettez-moi cette expression, de l'*amorcer* dans une mauvaise voie.

Pourquoi se presse-t-on tant? A-t-on tout calculé? a-t-on tout examiné? Peut-on assurer que la dépense qu'on vous indique sera la dépense réelle?

Messieurs, comme conseiller municipal de Paris, comme président de la commission d'enquête, j'ai pu savoir où l'on en était pour les projets. Eh bien, je le déclare, il n'y avait pas même d'avant-projet proprement dit. On n'avait pas encore adopté de système pour la fermeture de l'écluse; on parlait du barrage à aiguilles; nous aurons l'occasion de l'apprécier plus tard. Je me contente de dire en ce moment qu'il y a quelque chose de très-étrange à vouloir mettre des aiguilles là où pourrait s'établir une navigation à vapeur. (Dénégations au banc des ministres.)

Je sais que depuis on a proposé de fermer l'écluse avec un bateau-poste. Il n'y a rien d'arrêté, il n'y a rien de certain; l'emplacement même de l'écluse n'est pas déterminé! Il a été question de la mettre très-près du pont des Arts; on aurait fait une arche exceptionnelle, mais des difficultés sans nombre surgirent.

Vous savez combien les ingénieurs se trompent dans

leurs évaluations, même lorsqu'il s'agit de travaux en terre ferme. Ici les travaux seraient tous dans le lit d'une rivière; pouvez-vous avoir une grande confiance dans des évaluations qu'on vous présente, dans de simples aperçus? Si vous accordez le crédit demandé, vous courez grandement le risque d'entendre à cette tribune, d'ici à peu de temps, le raisonnement qui, dans plusieurs circonstances, vous a déjà été présenté. On vous dira : Cinq millions ont été dépensés, il faut continuer pour ne pas tout perdre.

On prétend que les travaux proposés n'engageraient pas l'avenir; je dis qu'ils l'engagent complétement. Je me charge, par exemple, de démontrer que, si on exécutait un plan général, dont je vais dire quelques mots tout à l'heure, un plan qui embrasserait à la fois la navigation du bras gauche et la navigation du bras droit, on n'aurait pas besoin d'abattre un seul des trois ponts que l'on veut détruire. Détruire des ponts sans nécessité, n'est-ce pas engager l'avenir?

Vous n'engagez pas l'avenir, et cependant vous allez construire des ponts dont la hauteur sera réglée par un mouillage qui, j'en ai la conviction, paraîtra insuffisant quand vous discuterez le projet complet. Ces ponts ne se coordonneraient en aucune manière avec le système général.

Dans ce système, vous auriez au Pont-Neuf une machine, une force mécanique avec laquelle on ferait cheminer les bateaux depuis le Pont-Royal jusqu'au pont d'Austerlitz; que deviendraient alors les chemins de halage?

On prétend ne pas engager l'avenir, quand on n'a rien d'arrêté sur la grandeur de l'écluse du bras gauche, sur son rôle en regard du barrage du bras droit. Cela n'est pas soutenable.

Je dis, Messieurs, qu'il faut barrer le bras droit. Il résultera de ce barrage, d'abord une navigation facile, une navigation parfaitement régulière en tout temps : les bateaux n'auront plus besoin de stationner sur les rives des ports supérieurs; ils pourront continuer leur route en toute sûreté entre l'amont et l'aval de Paris. C'est la solution complète de la question qu'on s'est toujours proposée. Voyons les autres avantages qui se rattachent à cette solution : il me paraît impossible que la Chambre n'en soit pas frappée.

Si vous faites le barrage du bras droit, comme je vais l'indiquer, vous aurez au Pont-Neuf, en temps d'étiage, une force de 3,000 à 4,000 chevaux, de chevaux travaillant, non pas comme les chevaux ordinaires, seulement huit heures par jour, mais de chevaux travaillant vingt-quatre heures sur vingt-quatre heures, de chevaux ne coûtant rien, auxquels vous pourrez faire exécuter des travaux immenses, dans l'intérêt de la navigation et de la ville de Paris.

La Seine paraît très-petite pendant l'été; elle semble alors une rivière insignifiante. Eh bien, nous l'avons fait jauger avec le plus grand soin; elle débite par le bras droit, de 100 à 104 mètres cubes d'eau par seconde. C'est encore un débit considérable.

Faites tomber cette quantité d'eau d'une hauteur convenable, vous aurez la force de 4,000 chevaux que j'ai

annoncée ; cette force, à quoi l'appliquerez-vous? Ah! j'avoue que je ne me servirai pas d'une roue analogue à celle du pont Notre-Dame; je me servirai d'une machine appréciée par l'expérience, par les plus grands ingénieurs; je me servirai de la turbine : oui, Messieurs, de la turbine, peut-être avec les améliorations que notre honorable collègue M. Kœchlin lui a fait éprouver.

Je vous parlais tout à l'heure des produits de la machine du pont Notre-Dame : c'était 7 p. 0/0. Vous vous rappelez cette grande machine de Marly, qui faisait plus de bruit que de besogne, c'est l'ordinaire : elle donnait un trente-sixième de ce qu'elle dépensait. Savez-vous ce que vous obtiendrez avec la turbine de M. Fourneyron, ou avec celle améliorée par M. Kœchlin? Vous obtiendrez de 70 à 80 p. 0/0. J'espère que vous reconnaîtrez que le bénéfice est considérable.

Vous le voyez, l'État, la ville de Paris, ont au Pont-Neuf, en temps d'étiage, une force de 4,000 chevaux dont ils ne tirent aucun parti. Je le demande, est-il raisonnable que, dans l'état actuel de la civilisation, qu'en 1846, et en présence de tant de besoins pressants, on ne fasse rien dans la capitale d'une force de 4,000 chevaux?

Vous avez vu, Messieurs, que le gouvernement vous propose de faire le halage des bateaux avec des chevaux. Vous avez vu que, si vous votez le projet de loi, que si vous n'ajournez pas la question à l'année prochaine, il va construire au pied des murs des quais un chemin de halage, un chemin qui recouvrira un égout (on rit), un chemin qu'il serait plus économique de pla-

cer ailleurs. Mais ce chemin est inutile; il se trouvera remplacé avec avantage par une petite dérivation de la force considérable que vous possédez au Pont-Neuf, par une petite dérivation que vous feriez sur les 4,000 chevaux de force qui résulteront du barrage : remarquez que cette force sera disponible quand vous aurez amélioré la navigation; remarquez que vous aurez satisfait, en établissant ces barrages, aux besoins du commerce, aux besoins exprimés par toutes les commissions d'enquête, que vous y aurez satisfait complétement, tandis que votre petit projet ne satisfait à rien. Remarquez encore qu'au moyen de cette force de 4,000 chevaux, vous pourrez en temps d'étiage, lorsque la rivière est le plus basse, dans la saison chaude, dans le moment où l'on a le plus besoin d'eau, vous pourrez élever 10,000 pouces d'eau à la hauteur de 50 mètres.

Je n'ai pas pris, en faisant ce calcul, le coefficient de revient qui appartient incontestablement aux machines de MM. Fourneyron et Kœchlin, placées dans les meilleures conditions; j'ai pris un coefficient plus petit, et avec un coefficient réduit, nous arrivons aux 10,000 pouces d'eau que j'ai annoncés. Sachez que 1 pouce d'eau, c'est 20 mètres cubes par vingt-quatre heures, et vous verrez quelle masse énorme de liquide vous pouvez élever dans tous les quartiers de la capitale.

Examinez les ouvrages classiques sur la distribution des eaux, de M. Eymery, et vous y trouverez que, dans une ville administrée avec intelligence, il doit y avoir deux sources d'alimentation distinctes. On a à Paris une première source d'alimentation dans le canal de l'Ourcq.

L'été, elle est bien réduite; or, c'est précisément l'été que vous aurez le plus d'eau avec les machines du Pont-Neuf. Les deux sources, en se combinant, fourniront une quantité d'eau à peu près constante; quand le canal de l'Ourcq fournira beaucoup, la Seine vous en donnera un peu moins, et, réciproquement, lorsque le canal sera réduit comme le sont toutes les rivières pendant la grande chaleur, vous aurez une quantité énorme d'eau de Seine.

A Paris, la dépense moyenne d'eau vendue est, dit-on, de sept litres par personne. Savez-vous ce qu'elle est dans les principales villes d'Angleterre? soixante à soixante-dix litres.

Il y a des personnes qui par des raisons d'économie, il y a bien des pauvres, qui sont obligés de réduire ce chiffre déjà si petit.

A quel prix, après l'établissement de barrage, pourrait-on donner l'eau? Voici ma réponse :

Un pouce d'eau, à cause du transport par porteurs, coûte par an, rendu à domicile, 33,000 fr. Or, tout le monde trouvera que la ville ferait un bénéfice de 2 millions, si elle vendait ses 10,000 pouces à 200 fr. chacun.

Ce qu'on nomme une voie d'eau de vingt-deux litres, coûte maintenant 20 centimes. Vous pourriez, pour 3 centimes, donner mille litres. Quand on aura un barrage dans l'intérêt de la navigation, le prix de l'eau pourra être réduit à la cent soixantième partie du prix actuel.

Il y a peu de jours, un illustre orateur disait à cette tribune : « Messieurs, votons la vie à bas prix! »

Moi, je vous dis que vous serez entrés dans les vues

philanthropiques de M. de Lamartine, lorsque vous aurez conduit dans l'humble réduit des pauvres de l'eau en abondance et à bas prix.

Je vous en conjure, Messieurs, ne perdez pas cette occasion de rendre à la classe pauvre un si immense service. (Approbation.)

Vous aurez remarqué que je vous parlais de l'eau comme aliment, et je puis vous en parler aussi au point de vue de la salubrité.

Un grand écrivain, c'était un Père de l'Église, appelait la propreté une vertu. Un voyageur célèbre disait qu'il avait pu, presque partout, juger du degré de civilisation des peuples par leur propreté.

Si vous introduisez de l'eau à bon marché dans la maison du pauvre, si vous la faites parvenir jusqu'aux étages supérieurs où il réside et souffre, vous aurez rendu un service immense à la population parisienne, à une partie de cette population qui doit plus particulièrement exciter notre intérêt.

Examinons la nécessité de l'eau sous d'autres points de vue.

Il y a des administrateurs qui se flattent de cette pensée que la ville de Paris est suffisamment alimentée par les eaux du canal de l'Ourcq.

Voici les faits : il y a trente-deux barrières où l'eau de l'Ourcq ne peut pas aller, par la raison toute simple que l'eau, dans un siphon, ne peut s'élever plus haut que son point de départ, et qu'elle monte même un peu moins à cause des frottements. Ces barrières privées de l'eau de l'Ourcq, croyez-vous qu'elles ne sont pas entou-

rées d'habitations, de manufactures? Détrompez-vous; ces barrières, ce sont celles de l'Étoile, d'Enfer, de Fontainebleau, et beaucoup d'autres; il y en a trente-deux Toutes ces barrières auront de l'eau, alors que... je me répète souvent, parce que je ne voudrais pas qu'on m'attribuât des idées qui ne sont pas les miennes; alors que vous aurez satisfait, par un barrage du Pont-Neuf, aux besoins essentiels de la navigation.

Je sais que l'eau de l'Ourcq se répand tous les jours par 1,800 bornes-fontaines; on est frappé de cet écoulement; mais quand on examine les choses au fond, on trouve que chacune de ces bornes-fontaines ne coule que trois heures par jour. Dans les rues qui sont inclinées, les propriétaires riverains ne sont pas très-satisfaits de cet arrosement; ils disent, et je crois qu'ils ont raison, que les fontaines coulent assez longtemps pour faire de la boue, et pas assez pour nettoyer la rue. (C'est vrai! c'est vrai!) Cela se présente dans plusieurs quartiers. Je crois qu'il n'y a pas suffisamment d'eau.

Les trente-deux barrières dont je parlais, et où l'eau de l'Ourcq ne fait pas de boue, ne sont pas sur des monticules isolés; il y a tout autour des terrains qui sont à peu près de niveau avec elles. Que voulez-vous qu'on y établisse? Des manufactures? Il n'y a pas de manufacture qui n'ait besoin d'eau, qui n'emprunte son moteur à de l'eau. Il faut donc que, près des trente-deux barrières en question, les manufactures aillent chercher leur eau dans les puits à 30, 40 ou 50 mètres de profondeur. Mais l'eau que donnent ces puits est de l'eau séléniteuse, de l'eau qui forme dans les chaudières des dépôts qui ren-

dent les communications calorifiques très-difficiles et les explosions fréquentes. Si l'opération dont je parle se réalise, on aura de l'eau de Seine partout.

Avez-vous remarqué, Messieurs, de quelle manière se fait l'arrosage de nos rues, l'arrosage de nos quais, l'arrosage de nos grandes avenues? Il se fait avec des tonneaux d'où l'eau s'échappe par des plaques percées de trous. Eh bien, on fait de la boue, on interrompt la circulation : la méthode est barbare.

Supposez maintenant que vous ayez une quantité d'eau suffisante, qu'elle soit en charge dans les tuyaux de conduite; alors l'arrosage se fera rapidement et avec facilité à l'aide d'une simple lance de pompier, et sans porter d'entraves à la circulation. (Bruit. — Exclamations sur quelques bancs.)

Voici, Messieurs, une considération qui, j'espère, vous paraîtra plus grave, et que je livre à vos méditations.

On dit qu'il y a suffisamment d'eau à Paris; je prouverai par des faits, quand on voudra, qu'il n'y en a pas dans les hôpitaux en proportion des besoins; je citerai des hôpitaux où l'on n'a pas donné aux malades les bains ordonnés par les médecins, parce qu'on manquait d'eau.

Vous avez certainement remarqué de quelle manière s'opère le balayage de nos rues? A Paris, on ramasse la boue, on la met dans des tombereaux, et on la fait cheminer jusqu'aux barrières; pourquoi cela? C'est qu'on n'ose pas la jeter dans les égouts, où il n'y a jamais assez d'eau, excepté pendant des averses, pour la conduire à la rivière. (Réclamations). On le fait partout, Messieurs!

Je suis fâché que ce procédé ne vous paraisse pas bon; il serait excellent si vous aviez suffisamment d'eau.

M. Grandin. Et les résultats!

M. Arago Si l'honorable membre qui m'interrompt a eu l'occasion de passer quelquefois devant les dépôts boueux près des barrières de Paris, il aura certainement regretté que le mode d'évacuation de la boue par tombereaux soit adopté à Paris.

Les égouts sont une excellente chose, mais à la condition qu'ils soient lavés régulièrement. Vous êtes-vous arrêtés quelquefois par hasard, pendant l'été, sur les trottoirs, près d'une bouche d'égout? Avez-vous remarqué quelle odeur nauséabonde s'en échappe? Vous savez d'où provient cette cause d'insalubrité.

La vue de certains lavoirs flottants sur la Seine ne vous a-t-elle pas douloureusement affectés? Ne souffrez-vous pas de voir de malheureuses femmes dans une position où elles sont encore plus certaines de gagner des maladies que de laver leur linge? (Approbation.) Soyez assurés que les personnes qui, par leur misère, sont obligées de faire un usage habituel de certains de ces établissements flottants, figurent souvent dans les registres des hôpitaux.

Quand la ville aura une quantité d'eau suffisante, elle pourra créer des lavoirs intérieurs où la population pauvre trouvera le moyen de laver gratuitement son linge, sans compromettre sa santé.

Si l'on vous dit que 10,000 pouces d'eau sont une quantité trop considérable, répondez qu'on en trouvera un très-utile emploi, non-seulement en citant tout ce que je

viens de dire, mais en parlant encore des incendies; remarquez que maintenant l'eau que les bornes-fontaines fournissent ne s'élève pas, tandis que si l'eau est en charge dans les tuyaux, il suffira d'ouvrir une clef... Je ne parlerai pas de ce qui pourrait de nouveau exciter l'hilarité de la chambre; il suffira d'un appareil très-simple pour projeter l'eau jusqu'au troisième étage d'une maison, même avant l'arrivée des pompiers. Qui pourrait dédaigner de pareils avantages?

Les tuyaux de conduite de Paris ont été choisis dans la supposition d'une distribution mesquine de l'eau. Supposez que les besoins de la population augmentent, que le besoin de donner de l'eau à bon marché vous mette dans l'obligation de conduire plus d'eau dans les différents quartiers, vous serez contraints de renouveler tout le matériel; il ne sera plus suffisamment considérable; à l'aide d'une forte pression, ce matériel suffira pendant des siècles.

Je vais aborder une question délicate (Écoutez! écoutez!) Je sais qu'on n'aime pas ici qu'on parle beaucoup de cette question, je crois même que la Chambre n'aime pas à m'en entendre parler. (Réclamations. — Si! si! parlez!)

Je suis bien aise de la dénégation, je veux parler des fortifications. (Bruit. — Parlez! parlez!)

Messieurs, on a fait autour de Paris une enceinte continue.

Je suis très-grand partisan de l'enceinte continue, j'en ai toujours été partisan; on l'a faite dans la supposition qu'elle serait un moyen efficace de défense contre une

armée ennemie. Ce moyen de résistance est excellent, à la condition que la garde nationale seule pourra suffire à la défense de tous les bastions.

Je crois, moi, que la fortification continue exécutée est susceptible d'une grande résistance, je le crois; parce qu'il a été dans ma destinée d'étudier le mode d'action des fortifications; mais, consultez les gardes nationaux, ils ne croient pas l'enceinte très-forte, ils s'imaginent que la hauteur des murs, la profondeur des fossés sont insuffisantes; que des murs très-élevés sont nécessaires, indispensables; mais ils conviennent tous que si l'on faisait arriver deux mètres d'eau dans les fossés, les fortifications acquerraient une puissance énorme. Mettons-nous donc en mesure d'inonder les fossés de l'enceinte, vous lui donnerez ainsi une puissance d'opinion importante; en temps de guerre vous auriez dans les machines placées au Pont-Neuf, dans les turbines de M. Fourneyron ou de M. Kœchlin, le moyen de remplir les fossés des fortifications dans un intervalle de trois jours.

Enfin, trouvez-vous que cette immense masse d'eau dont je vous entretiens depuis si longtemps, n'aurait pas en totalité une application utile dans l'intérieur de la ville de Paris, vous pourriez l'employer en arrosages. Il serait très-facile de faire des réservoirs à une hauteur considérable, d'où l'on répandrait l'eau dans des terrains qui maintenant ont très-peu de valeur et qui deviendraient des jardins comme ceux des maraîchers.

J'arrive au terme de ma tâche.

M. le ministre des travaux publics et M. le sous-secrétaire d'État croient, comme moi, à la possibilité d'éta-

blir un barrage sur le bras droit de la Seine; ils croient même à la nécessité d'exécuter tôt ou tard ce travail. Jusqu'à présent on ne s'en est pas occupé; mais, dit-on, c'est parce qu'on n'a pas de plan arrêté, parce que le conseil des ponts et chaussées n'a pas d'idées fixes sur le système à employer, ni peut-être même sur les avantages de ce barrage. Je vois dans l'exposé des motifs que l'installation des nouveaux appareils hydrauliques semble entourée de circonstances graves et compliquées.

Je m'élève de toute la force de mes convictions contre ces paroles. Il n'est pas vrai que l'installation des appareils hydrauliques en projet soit accompagnée de circonstances graves et compliquées. Il n'y a pas de question plus simple pour ceux qui se sont donné la peine d'examiner les progrès que l'hydraulique a faits depuis un certain nombre d'années.

Je ne voudrais rien dire de défavorable à des ingénieurs que je respecte, que j'honore (la plupart ont été mes élèves); et cependant je suis obligé de convenir qu'ils sont souvent arriérés, qu'ils ne se tiennent pas toujours au courant des progrès de la science; et ce n'est pas leur faute : on les transforme, pour les besoins peut-être de l'administration actuelle, en paperassiers.

A GAUCHE. C'est vrai!

M. ARAGO. Ils en conviennent eux-mêmes.

Messieurs, j'ose affirmer qu'il existe des plans qui, développés devant le conseil des ponts et chaussées, dans l'intervalle de cette session à la session prochaine, seraient acceptés par les hommes éminents, par les très-bons esprits dont ce conseil se compose.

Je crois que si M. le ministre des travaux publics acceptait, que si la Chambre votait l'ajournement, nous aurions l'année prochaine un projet d'ensemble, un projet admirable qui satisferait non-seulement aux besoins de la navigation, mais à tous les besoins de la ville de Paris et de l'État que j'ai signalés.

Je ne suis pas ici dans des hypothèses; je veux même parler avec une entière franchise. (On rit.)

Ce qui a arrêté l'adoption du plan général, c'est qu'on a voulu absolument se servir, pour faire des barrages, d'un système inventé par un inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées, d'un système qui peut avoir des avantages dans des localités particulières et restreintes (Nous le discuterons quand il s'agira de la navigation entre Paris et Rouen), mais qui, pour la fermeture des arches de Paris, est éminemment défectueux. On a d'abord projeté de porter le barrage à la pointe de la cité; on a ensuite pensé à l'établir au Pont-Neuf. Ce barrage se compose d'aiguilles qu'on manœuvre avec beaucoup de difficultés (Je reviendrai sur ces difficultés plus tard).

On a trouvé qu'au Pont-Neuf les aiguilles seraient trop longues, car les hommes au temps présent, dans le royaume de France, n'auraient pas été assez forts pour manœuvrer les aiguilles qu'il aurait fallu employer au Pont-Neuf. On songea alors à s'établir dans l'intervalle compris entre le Pont-au-Change et le Pont-Neuf; des difficultés d'un autre ordre se présentèrent; bref on a ajourné.

Mais n'y a-t-il pas d'autres systèmes de barrage qui

n'exigeraient pas, pour les manœuvrer, des acrobates des Funambules (On rit); n'y a-t-il pas certaine porte articulée qui s'ouvrirait d'elle-même, à l'aide de la seule ouverture ou fermeture d'un robinet?

L'habile ingénieur qui l'a inventée n'appartient pas au corps des ponts et chaussées, je l'avoue (On rit), mais il a répondu à toutes les objections; il a fait mieux: sa porte, exécutée à Gisors, a manœuvré à l'entière satisfaction d'une foule de mécaniciens du plus grand mérite. Cela n'est pas aussi compliqué que le système des aiguilles, je le sais; mais la porte articulée n'en offrira pas moins de très-grands avantages partout où les barrages devront manœuvrer avec beaucoup de rapidité.

L'expérience, a-t-on dit, ne s'est pas faite sur une assez grande échelle pour qu'on puisse en rien conclure quant au barrage de la Seine.

Voici ma réponse: Je suis autorisé, depuis longtemps déjà, à proposer une expérience très en grand, consistant en la fermeture d'une des arches du Pont-Neuf. L'inventeur de la porte articulée, M. Fourneyron, fera tous les travaux à ses frais. Si elle ne réussit pas au jugement du conseil des ponts et chaussées, la dépense restera à sa charge.

Ne voulez-vous pas vous servir du système d'un ingénieur civil? (Réclamations au banc des ministres.)

Je n'attribue de tels préjugés ni à M. le ministre ni à M. Legrand (On rit); mais je pourrais citer des personnes qui ne sont pas étrangères à de telles préoccupations. (Ah! ah!) Je ne veux pas porter des noms à cette tribune. J'ajoute que M. le ministre a reçu avec

bienveillance l'inventeur de la porte articulée, et qu'il l'a examinée avec intérêt.

M. LEGRAND, *sous-secrétaire d'État des travaux publics.* C'est un système très-ingénieux.

M. ARAGO. C'est un système très-ingénieux, en effet : il a été éprouvé; il n'y a pas de raison pour qu'il ne fonctionne pas et surtout pour qu'on ne l'essaie pas, puisque l'habile ingénieur demande à faire l'expérience à ses frais.

Mais laissons un moment l'ingénieur civil de côté.

Il y a un autre ingénieur, celui-ci appartient au corps des ponts et chaussées, qui a inventé un très-ingénieux barrage. Celui-là ne se manœuvre pas non plus d'une manière compliquée, ni avec les dangers que je signalais tout à l'heure. Il a été établi déjà sur une assez grande échelle, et l'on a pu exécuter avec facilité toutes les manœuvres qu'il exige. On dit que les dimensions des portes essayées n'étaient pas aussi considérables que la Seine l'exigerait. Voici encore ma réponse : M. le ministre a entre les mains une soumission de l'ingénieur en question. Il demande à faire les travaux à ses frais. Vous avez reçu la lettre : j'en ai la copie. M. l'ingénieur en chef Thénard, inventeur du nouveau système, propose de barrer une des arches du Pont-Neuf, ou toute autre partie de la Seine. Tous les frais resteront à sa charge si l'opération ne réussit pas.

On nous parle souvent à cette tribune d'une grande et d'une petite politique, et on accuse les membres de l'opposition de préférer la petite. Je viens de prouver que, relativement à la traversée de Paris, il y a aussi

une grande et une petite hydraulique; mais cette fois, du moins, personne ne pourra dire que l'opposition ait donné la préférence à la petite hydraulique. (Rires et approbation.)

[M. Dumon, ministre des travaux publics, ayant répondu dans la séance du 3 mars, M. Arago a répliqué en ces termes :]

Je suis, Messieurs, un peu embarrassé pour combattre l'argument principal que vient de faire valoir M. le ministre des travaux publics. Cet argument est en opposition complète avec l'exposé des motifs du projet de loi. M. le ministre, pour répondre à une difficulté très-grave, pour vous rassurer sur les dangers de la navigation du bras droit, vient de vous dire que les bateaux passeraient désormais en très-grande partie par le bras gauche.

Ayez la bonté de comparer cette assertion avec le passage que je vais lire de l'exposé des motifs;

« Il a fait remarquer (le conseil des ponts et chaussées) que ce système (le système de la navigation par le bras gauche) ne préjugeait en aucune manière pour le grand bras la question de l'avenir, que la navigation de la Seine supérieure, qui est essentiellement descendante, emprunterait avec avantage la voie libre du bras principal. »

M. LE SOUS-SECRÉTAIRE D'ÉTAT DES TRAVAUX PUBLICS. Pour les trains !

M. ARAGO. Les trains ne figurent pas dans l'exposé des motifs; vous les citez maintenant pour les besoins de la cause. Vous disiez :

« ... Que la navigation de la Seine supérieure, qui est essentiellement descendante... »

M. LE SOUS-SECRÉTAIRE D'ÉTAT DES TRAVAUX PUBLICS. Les trains !

M. ARAGO. La navigation de la Seine supérieure se compose de trains et de bateaux. Il y a 1,000 bateaux. Vous parliez de la navigation de la Seine supérieure dans toute sa généralité.

Je suis fâché de vous mettre ainsi en opposition avec vous-même; mais la contradiction est évidente.

« Que la navigation de la Seine supérieure (je ne saurais trop le répéter), qui se compose de 1,700 trains et de 1,000 bateaux, emprunterait avec avantage la voie libre du bras principal, tandis que la navigation de la basse Seine, qui est particulièrement remontante, suivrait le bras canalisé. »

UN MEMBRE. Ce sont les trains !

M. ARAGO. Vous voyez, Messieurs, qu'il y a opposition complète entre ce que vient de dire M. le ministre et ce qu'il disait dans l'exposé des motifs du projet de loi. Le bras gauche était exclusivement consacré à la navigation montante.

Maintenant, on fera une portion de la navigation descendante par le bras gauche! Convenons que nous ne tiendrons plus compte des exposés des motifs des projets de loi qui nous seront présentés, et, à l'avenir, les difficultés de cette espèce disparaîtront. Aujourd'hui, pardonnez-moi d'avoir cru à vos paroles, d'avoir supposé que vous vouliez vous servir de la navigation du bras gauche pour la seule navigation montante; cela est dit formellement, de la manière la plus claire, dans la partie de l'exposé des motifs que je viens de lire.

J'ai des raisons de croire qu'on voulait vous déclarer

qu'il n'y aurait plus désormais de navigation descendante que par le bras gauche; on n'a pas osé. On a compris que je serais arrivé avec des documents recueillis par les commissions d'enquête, et qui auraient prouvé que ce bras était insuffisant, de toute manière insuffisant pour la totalité de la navigation descendante.

Les dangers inhérents à la navigation du bras droit, on les laisse tels qu'ils sont aujourd'hui. Après réflexion, on annonce que les trains ne viendront plus par le côté gauche; ils suivront donc le bras droit. Mais alors on ne s'occupe pas des dangers que continueront à courir les mariniers qui feront descendre les trains; cependant la vie de ces hommes est tout aussi exposée que celle des mariniers qui conduisent les bateaux; moi je les tiens pour tout aussi intéressants les uns que les autres.

On dit que le barrage du bras gauche n'apportera aucun dommage à la navigation du bras droit. On se trompe : on empire, par le projet, la navigation du bras droit, on l'empire notablement.

Maintenant, une portion de l'eau passe par le bras gauche. Cette eau sera arrêtée par le barrage, elle devra donc passer par le bras droit.

M. le ministre des travaux publics sait aussi bien que moi que plus il passe d'eau dans un pertuis donné, plus le niveau s'élève, plus la rapidité est grande. La chute que j'ai appelée le *Niagara* de la Seine, quoique je connaisse très-bien la hauteur du vrai Niagara, deviendra plus grande et plus dangereuse; ce sera une conséquence inévitable des travaux projetés.

On nous parle sans cesse de notre opposition au projet

du gouvernement... Non; nous sommes en opposition avec les idées du gouvernement, avec les idées qui ont été énoncées dans l'exposé des motifs, mais non pas avec le projet; car il n'y a pas de projet, car on n'en a jamais produit devant la commission d'enquête.

M. le ministre m'a accusé de n'avoir pas étudié avec assez de soin les pièces qui avaient été produites devant cette commission.

Mon Dieu! mes études, à moi, n'ont pas été compliquées; j'ai vu des ingénieurs qui s'exprimaient avec beaucoup d'élégance et de facilité; quant à des projets, il n'y en avait pas. Il n'y en avait pas, et cela par une bonne raison, c'est qu'il n'y en a pas encore aujourd'hui.

M. le ministre pourrait-il nous dire dans quelle position il voudrait mettre l'écluse? Je ne l'ai jamais su.

M. LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS. Les projets sont dans les mains de M. le rapporteur.

M. D'ANGEVILLE, *rapporteur*. Nous avons ici entre les mains un avant-projet.

M. ARAGO. Un avant-projet! mais un projet étudié, je n'en ai jamais vu : je n'ai même jamais vu d'avant-projet qui méritât ce nom.

On nous a dit qu'on voulait établir une écluse. Où? On ne savait pas. On nous a dit qu'on voulait la faire descendre jusqu'au pont des Arts, ce qui amènerait un changement dans la forme du pont, ce qui entraînerait des manœuvres très-difficiles. Il a fallu abandonner cette idée.

Je ne suis pas opposé au projet du gouvernement : je ne puis pas être opposé à une chose qui n'existe pas, que je ne connais pas: je suis opposé aux idées que le gouvernement a émises dans des termes très-vagues.

On dit, je suis obligé de revenir sur cette difficulté, puisqu'on l'a trouvée très-sérieuse, on dit que les travaux actuels n'engagent pas l'avenir. Je dis, moi, qu'ils l'engagent complétement. M. le ministre m'a fait beaucoup trop d'honneur quand il a donné mon nom au système des turbines. Je n'y suis intervenu que pour une vue générale; mais le mérite d'avoir étudié complétement le projet pour la navigation de la Seine et la distribution des eaux, ne m'appartient pas. J'ai eu l'idée très-simple de tirer parti de la force énorme qui existe au Pont-Neuf. Quant aux détails, ils sont l'œuvre d'un ingénieur civil. Je dois donc repousser un honneur qui ne me revient pas légitimement.

Voyons maintenant si effectivement les projets à exécuter dans le bras gauche sont aussi inoffensifs qu'on le dit.

D'abord je ferai remarquer que le rapide de la Seine, je ne me servirai plus de l'expression de Niagara, deviendra plus considérable, que par conséquent le danger de la navigation, qui était déjà si grand, deviendra plus considérable encore.

Dans le projet dont j'ai eu l'honneur d'entretenir la chambre, la destruction de ponts est complétement inutile. Si vous coordonnez vos travaux avec les travaux que la ville de Paris doit faire exécuter avec ses fonds, avec ses ressources, il sera inutile de détruire ces ponts. Pourquoi les détruisez-vous aujourd'hui? pourquoi, au lieu de coordonner les deux systèmes, voulez-vous opérer isolément sur la partie la moins importante de la Seine?

Beaucoup de personnes craignent la longueur de

l'ajournement; moi aussi je m'en préoccupe, je désire que les travaux de la Seine s'exécutent promptement. Eh bien, j'ai la conviction que si la Chambre se prononçait fortement pour que les deux projets fussent coordonnés, on pourrait nous présenter le projet général, qui est étudié, qui est fait, car il y a des devis, même dans cette session, dans six semaines, par exemple. Je suis sûr que si une discussion complète était ouverte devant le conseil des ponts et chaussées, ce conseil reconnaîtrait en peu de séances la possibilité, l'utilité, la beauté du système que j'ai développé devant la chambre.

J'avais fait remarquer qu'on se proposait, dans le projet du gouvernement, d'exécuter un chemin de halage.

Ce chemin de halage ne sera plus sur les quais. Tout le monde le sait, les quais sont plantés. On fera ce chemin de halage au pied du mur du quai. M. le ministre nous a parlé des inconvénients qui résultaient de l'ancien système. N'y a-t-il donc aucun inconvénient dans le système du projet? Il y en a d'énormes. Votre corde sera une corde rasante; elle attaquera, elle ira frapper tous les bâtiments en station sur les rives de la Seine, tous les objets compris entre le rebord du quai et les bâtiments remorqués; les bas ports sont des magasins. Ces magasins, auxquels le commerce attache un grand prix, seront balayés par votre corde traînante, c'est incontestable.

M. LE SOUS-SECRÉTAIRE D'ÉTAT DES TRAVAUX PUBLICS. On lève la corde!

M. ARAGO. Vous ne ferez pas que le phénomène de la chaînette n'ait pas lieu. Vous n'avez pas la prétention, avec la puissance que vous possédez, d'empêcher que la

pesanteur ne produise pas ses effets. La corde tirée par les chevaux placés sur le chemin de halage sera une corde traînante, et qui vous mettra dans l'obligation d'évacuer tous les quais, tous les bas ports, lorsque vous voudrez faire remonter un bateau.

M. le ministre a remarqué que ce mode de remorquage était employé ou proposé pour les autres parties du projet; cela est vrai, mais ce n'est pas dans l'intérieur des villes, ce n'est pas à côté d'une force motrice dont vous pourrez tirer un parti immense. Vous avez cette force motrice au Pont-Neuf, vous pouvez en distraire une petite portion pour opérer le remorquage. Au lieu de cela, vous allez prendre le système non pas presque barbare, mais barbare, que le rapport de la commission vous a signalé.

On a beaucoup parlé du conseil général de la Seine; on a dit qu'il s'était prononcé. Mais il faut faire connaître toute la vérité. D'abord sur la question de savoir si on subordonnerait la subvention de 1 million 1/2 à l'exécution du projet général, on s'est trouvé partagé par parties égales. Tout le monde sait bien qu'un membre du conseil, qui était sorti, était favorable au projet des turbines.

Au reste, il faut faire la part, je ne me servirai pas du mot de menaces, quoique cela y ressemble un peu, il faut aussi faire la part des déclarations formelles que nous faisaient les ingénieurs. Ils nous disaient : « Si vous n'exécutez pas le projet tel qu'il vous est présenté, on ne fera rien du tout! » Les membres du conseil général sont habitants de Paris, ils sont bien aises qu'on fasse les

quais, quand on n'améliore pas la navigation. Je crois que je ne leur ferai aucun tort, que je ne me livre pas à des insinuations sans fondement, en disant que plusieurs d'entre eux ont été entraînés par cette déclaration formelle des ingénieurs : « Si vous n'exécutez pas le projet tel qu'on vous le présente, on ne fera rien! » Voilà ce qu'on nous disait; voilà ce que j'ai entendu de mes oreilles.

Pour éloigner l'intérêt du projet que j'ai eu l'honneur de développer devant la chambre, M. le ministre vous a dit que c'était un projet gigantesque. Il est gigantesque quant aux résultats; j'espère que la chambre ne trouvera pas qu'il soit gigantesque quant à la dépense. Je n'ai pas parlé de cette question hier; il est peut-être bon que j'en dise un mot.

Ici, ce ne sera pas une évaluation vague, un aperçu semblable à ceux qui ont guidé l'administration lorsqu'elle a fixé à 5 millions et quelques mille francs le travail actuel.

Le travail dont je parle, le travail qui doit donner de si magnifiques résultats, coûterait à la ville... rappelez-vous que ce serait l'occasion d'un revenu de 2 millions, coûterait à la ville de Paris 6 millions, et la contribution de l'État pour la totalité du travail qui le concernerait, serait de 7 millions. Voilà la totalité de la dépense du projet gigantesque.

Ce n'est pas à la légère que j'annonce ce chiffre; c'est le résultat d'un devis bien étudié, et j'ai la certitude que vous trouverez facilement des ingénieurs, des entrepreneurs très-habiles pour exécuter les travaux à ce prix.

Je tenais à circonscrire l'expression de gigantesque, dont M. le ministre s'est servi, dans ses véritables limites, à lui donner son vrai sens. Le projet est gigantesque, comme vous le voyez, quant aux résultats.

Voilà ce que j'avais à dire en réponse aux observations que M. le ministre vous a présentées.

Il vous a dit qu'il n'engagerait pas l'avenir quant à la construction de la digue longitudinale; qu'il la ferait assez forte pour qu'elle pût supporter un exhaussement si la ville de Paris venait à vouloir exécuter son grand travail.

Mais ce n'est pas seulement un exhaussement qu'il faudra faire. Avez-vous choisi la machine dont vous vous servirez comme moteur? Voulez-vous employer une turbine? La turbine telle qu'elle est sortie des mains de M. Fourneyron, ou telle qu'elle a été perfectionnée par M. Kœchlin? Eh bien, c'est une machine qui a besoin de fondations spéciales pour lesquelles il faudra faire des constructions d'une certaine nature. Comment! vous allez établir un bâtardeau au milieu de la Seine pour exécuter votre travail, et vous ne voulez pas vous préparer à exécuter en même temps, quand vous avez le projet sous les yeux, ou que vous pouvez l'avoir, si vous le voulez, ce qui pourrait servir à un futur établissement hydraulique? Ce que vous exécutez aujourd'hui sera exécuté en pure perte, lorsque la réflexion, le bon sens, vous amèneront à reconnaître que les deux projets devraient être coordonnés. (Très-bien, très-bien!)

(M. d'Angeville, rapporteur, monte à la tribune.)

M. Arago, *de sa place*. On prétend que, dans les

appréciations que j'ai données sur le produit des turbines, j'ai pris un coefficient beaucoup trop considérable.

Je dois dire que l'administration, sous je ne sais quelle influence, ne veut faire que de petits travaux, quand il y en a de grandioses à exécuter. Elle veut employer une roue hydraulique, une roue qui sera inondée, qui sera, comme disent les mécaniciens, noyée, qui souvent ne pourra pas fonctionner,. comme la roue hydraudique du pont Notre-Dame. Moi, je propose les turbines, non-seulement parce qu'elles donnent un produit considérable, mais parce qu'elles peuvent fonctionner sous l'eau, sous la glace, dans toutes les circonstances.

J'ai indiqué un coefficient; j'ai dit qu'une turbine donnait 70 à 80 p. 100. Je crains de n'avoir pas dit assez, quoique ce soit un résultat admirable. Je prends la liberté d'interpeller M. Kœchlin, s'il est à son banc, et de lui demander si le chiffre que j'ai cité n'est pas un chiffre trop petit. Il a beaucoup d'expérience, il a envoyé des machines dans tous les pays du monde. L'industrie française a l'avantage, maintenant, de figurer par ces belles machines dans toutes les contrées, en Turquie, en Italie, en Allemagne, partout. On a fait des expériences nombreuses par les procédés les plus exacts de la mécanique. Je demande si j'ai cité un chiffre de revient trop grand.

M. Koechlin. L'invention faite par M. Fourneyron est tellement remarquable que j'ai eu longtemps beaucoup de difficulté à croire à des résultats si beaux. Les perfectionnements faits à la turbine donnent un effet utile de 88 à 90 p. 0/0.

La machine de Marly donne 2 ou 2 3/4 p. 100, c'est-à-dire que si l'on donne 100 litres d'eau au moteur, avec 1 mètre de chute, il élèvera 2 litres ou 2 litres 3/4 d'eau à 1 mètre de hauteur.

La turbine donne des effets tels que, au lieu de fournir 2 litres 3/4, elle donnera 88 et 90 litres, en même temps que pour son établissement elle coûte infiniment moins que toute autre machine, quelle qu'elle soit.

Je n'ai jamais osé prononcer ces chiffres, parce qu'on riait. C'était incroyable.

M. Arago, il y a dix ans déjà, a apprécié cette invention à sa juste valeur; et, loin d'avoir exagéré les résultats de ce moteur, il avait annoncé beaucoup moins que la machine ne produit.

[Il est question dans le discours placé ci-dessus de divers appareils hydrauliques dont M. Arago a conseillé l'emploi pour améliorer le cours de la Seine et pour tirer le meilleur parti possible des eaux de ce fleuve. On a réuni ici tout ce qu'il a laissé sur ces divers sujets, savoir : turbine de M. Fourneyron, barrages mobiles à aiguilles, barrage articulé, barrage mobile de M. Thénard.]

## II

### TURBINE DE M. FOURNEYRON [1]

La ville de Paris est alimentée, en eau de Seine, par des machines à vapeur établies à Chaillot, au Gros-Caillou, au quai des Ormes, à la Râpée, et par une roue hydraulique à palettes située sous une des arches du pont Notre-Dame. Cette dernière machine, quoiqu'elle soit en très-mauvais état, entre dans le produit total d'environ 430 pouces d'eau de rivière, que la ville distribue, pour 70 à 80 pouces de fontainiers, élevés à 26 mètres. Il me parut évident que, sans changer en aucune manière les conditions de la navigation actuelle de la Seine, le produit de la force dépensée au pont Notre-Dame pourrait être considérablement augmenté,

1. Note écrite en 1837 et insérée en partie dans les *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. IV.

et dès lors je regardai comme un devoir d'étudier ce problème. Depuis quelques mois le cadre dans lequel j'avais voulu primitivement me renfermer s'est notablement agrandi. Des projets actuellement en discussion au sein de l'administration des ponts et chaussées, m'ont conduit à penser que la navigation de la Seine pourrait, avec avantage, s'établir sur le seul bras gauche. Dans cette hypothèse, un barrage mobile serait installé au pont Notre-Dame, et y procurerait une chute de 70 à 75 centimètres en temps de crue, et de $1^{m}.5$ à l'étiage. Pendant l'été, quand la pénurie d'eau se fait vivement sentir dans la plupart des quartiers de la capitale, on aurait donc pour pourvoir aux besoins des habitants et aux divers services de propreté et de salubrité, une force représentée par le débit du bras droit de la Seine (il est alors d'environ 100 mètres cubes d'eau par seconde), tombant d'un mètre et demi de hauteur, c'est-à-dire la force de 200 chevaux travaillant nuit et jour.

L'immensité de cette force ne devait pas me dispenser de chercher le moyen d'en tirer parti. Après bien peu d'hésitation, je reconnus qu'il faudrait adopter les turbines de M. Fourneyron.

On appelle turbines des roues qui ont la propriété commune de tourner autour d'un axe vertical. La première roue hydraulique connue sous ce nom fut imaginée en 1824, par M. Burdin, ingénieur des mines; l'eau arrivait, dans cette roue, à la base supérieure d'un cylindre ou tambour vertical, et se trouvait rejetée à la base opposée. L'eau entrait et sortait près de la circonférence extérieure, suivant des canaux pliés en hélice à

la surface du tambour qui devait avoir une hauteur égale à la moitié de la hauteur entière de la chute d'eau disponible.

Dans les turbines de M. Fourneyron, dont la première fut construite en 1827, le tambour n'a qu'une petite épaisseur, quelques décimètres, par exemple, quelque grande que soit la hauteur de chute. L'eau s'élance obliquement en jets horizontaux de tout le contour d'un cylindre intérieur vertical; pénètre de tous côtés dans les compartiments de la roue extérieure qui, en tournant, affleure ce cylindre; suit, en les pressant, des aubes courbes renfermées entre les deux bases horizontales, et s'échappe horizontalement par la tranche verticale du tambour extérieur. Dans cette roue, l'eau agit sur toutes les aubes à la fois, et ne charge pas l'appareil d'une haute colonne d'eau. En outre, la machine pouvant être entièrement noyée dans l'eau, peut fonctionner dans les temps de gelée ou bien lors des grandes crues, c'est-à-dire dans les circonstances où les autres roues hydrauliques sont obligées de s'arrêter.

On comprend, d'après ces courtes explications, pourquoi je m'arrêtai à l'idée d'employer les turbines de M. Fourneyron pour utiliser la chute d'eau que devait rendre disponible l'amélioralion du cours de la Seine dans le système que j'avais en vue. J'écrivis à cet habile ingénieur de venir à Paris; il étudia avec moi toutes les conditions du problème, et rédigea, d'après mon désir, un projet détaillé d'établissement hydraulique dans lequel la machine jouerait le principal rôle.

Les choses en étaient là, lorsque je m'en ouvris au

préfet de la Seine, à l'honorable M. de Rambutean, dont l'ardeur éclairée pour tout ce qui peut contribuer à l'assainissement, à l'embellissement de la capitale et au bien-être de la population, ne sera jamais dépassée. Je lui demandai de soumettre mes idées à l'examen d'une commission. J'émis même le vœu que diverses personnes très-habiles, mais qui, faute d'expériences directes, avaient publiquement manifesté des opinions peu favorables aux turbines, fussent comprises au nombre des juges que je sollicitais. M. de Rambuteau souscrivit à tous mes désirs avec une inépuisable complaisance. Dès la première réunion de la commission, les objections que j'avais prévues, ou plutôt que j'avais provoquées, se manifestèrent. Personne, en présence de faits authentiques, ne pouvait méconnaître que, sous l'action de très-fortes chutes, les turbines donnent des résultats en quelque sorte inespérés; mais sur la Seine, les chutes seraient toujours faibles, les turbines ne sauraient manquer d'avoir de grandes dimensions; de plus, elles devraient être constamment immergées. De là des doutes, des craintes très-naturelles que des expériences directes pouvaient seules dissiper.

Malheureusement, il n'existait encore à quelque distance de Paris qu'une seule turbine, et elle avait été construite pour une chute de deux mètres au moins. Cette machine était d'ailleurs le moteur du très-grand établissement de tissage mécanique d'Inval, près de Gisors. Si elle cessait de marcher, quatre cents métiers et trois à quatre cents ouvriers restaient inactifs. Il y avait là des difficultés qui nous paraissaient, qui devaient nous paraître insurmon-

tables. MM. Davillier, propriétaires d'Inval, en ont jugé autrement : l'expérience qu'on désirait tenter devant être utile à la science, à l'industrie, à la ville de Paris, ils n'ont plus calculé les embarras qu'elle amènerait à sa suite, les dépenses qu'elle nécessiterait : avec une libéralité que je caractériserai toujours trop faiblement si j'en juge par la reconnaissance qu'elle m'a inspirée, la turbine et le cours d'eau qui la mettait en jeu, ont été pendant tout le temps nécessaire (un dimanche, un lundi et la moitié du mardi suivant) entièrement à la disposition des commissaires désignés par M. le préfet de la Seine. Ces commissaires étaient : M. Mary, ingénieur en chef des ponts et chaussées, attaché aux travaux de Paris; M. de Saint-Léger, ingénieur des mines à Rouen; M. Maniel, élève de troisième année à l'école des ponts et chaussées, et M. Fourneyron lui-même. Les divers résultats qu'ils ont obtenus en opérant avec la plus scrupuleuse attention, montrent que l'on peut compter, avec la turbine de M. Fourneyron, sur un effet utile de 60 à 77 p. 0/0 dans les circonstances diverses où ils ont opéré, c'est-à-dire avec des chutes variant de $0^m.30$ à $1^m.17$, et la profondeur d'immersion du plan supérieur de la roue variant de $0^m.77$ à $1^m.50$. Des difficultés qu'il ne m'est pas donné en ce moment de prévoir, viendraient faire échouer mon projet devant le conseil municipal de Paris, que les expériences d'Inval n'en seraient pas moins une précieuse acquisition pour la science, puisqu'elles ont assigné définitivement à la turbine de M. Fourneyron le rang qui lui appartient parmi les meilleurs moteurs hydrauliques.

M. Fourneyron a obtenu des résultats identiques à

Sainte-Marie, dans la forêt Noire, à l'aide d'une turbine d'un tiers de mètre de diamètre, qui fonctionnait sous une pression verticale de 108 mètres d'eau, qui faisait 2300 tours par minute, qui ne dépensait que 30 litres de liquide par seconde, et qui réalisait cependant la force de 60 chevaux vapeur. Quelques personnes avaient paru craindre que les tourillons de l'axe de la turbine ne pussent résister à l'extrême vitesse que je viens de signaler; mais l'expérience a prouvé que la machine n'éprouvait aucune détérioration.

La turbine de M. Fourneyron a fait partout une vive sensation : l'Allemagne, la Russie, l'Angleterre ont voulu profiter de cette invention. Puisse la France entrer elle-même largement dans une voie qui promet de si utiles résultats à l'industrie!

## III

### BARRAGES A AIGUILLES

[Le gouvernement demandant un crédit de 10 millions pour l'amélioration de la Seine entre Paris et Rouen, principalement à l'aide de barrages mobiles, M. Arago a critiqué le système des barrages à aiguilles dans le discours suivant, prononcé le 4 mars 1846 : ]

Je désire, Messieurs, adresser à M. le ministre quelques questions sur la manière dont les barrages proposés seront exécutés. Je suis partisan du projet; je voterai la somme demandée; mais je ne voudrais pas voter en aveugle, je désirerais savoir de quelle manière on opérera. Depuis quelque temps on nous dit très-peu de chose sur les travaux proposés; si nous encouragions l'administration à persévérer dans cette voie, la Chambre finirait

par n'être plus qu'un bureau d'enregistrement. Les projets sont rédigés d'une manière très-vague. Il est impossible de savoir à quel système l'administration s'arrêtera.

On a dit : Nous ferons un barrage mobile. Mais, Messieurs, il y a plusieurs systèmes de barrages mobiles dans ce monde, et je crois que ce n'eût pas été trop que de nous dire quel sera celui de ces systèmes qu'on devra appliquer...

M. D'ANGEVILLE, *rapporteur*. Cela a été dit!

M. ARAGO. Cela n'est pas dans l'exposé des motifs.

M. LE RAPPORTEUR. On ne peut pas tout mettre dans l'exposé des motifs.

M. ARAGO. Il n'y a pas de mal cependant à ce que les députés sachent ce qu'ils votent ; il y a, au contraire, un très-grand avantage à ce que les renseignements fournis soient exacts et complets. Pour moi, je me suis trouvé fort embarrassé lorsque plusieurs personnes sont venues me demander de quelle manière s'exécuteraient les travaux de la traversée de Paris ; j'en ai été réduit à dire que je ne le savais pas, et cependant j'ai eu l'honneur de faire partie de la commission d'enquête chargée de chercher le meilleur système à suivre dans l'intérêt public.

Quel est le barrage qu'on propose au fond ? Quoique cela n'ait pas été dit, j'espère que je vais indiquer la véritable solution : c'est un barrage à aiguilles.

Les barrages à aiguilles actuels sont une légère modification d'un barrage ancien ; ils sont dus à des ingénieurs habiles, à M. Dausse et à M. Poirée ; il y en a plusieurs d'exécutés sur l'Yonne et sur un petit affluent de la Loire.

Jadis, quand on voulait barrer les rivières, moins pour la navigation que pour les arrosages, on plantait verticalement dans le lit des pieux, entre lesquels on plaçait des ponts en cas de besoin ; dans les intervalles compris entre les pieux fixes on mettait des aiguilles mobiles retenues dans le haut par ces ponts, dans le bas par un seuil. Il y a, dans les nouveaux systèmes, cette modification, que les pieux fixes sont devenus mobiles, qu'ils peuvent être abattus et relevés quand on le veut.

Un barrage à aiguilles n'a été exécuté sur une certaine échelle, dans un point de grande navigation comme celle qui doit s'établir entre Paris et Rouen, que sur le pertuis de la Morue.

On a fait bien des rapports d'ingénieurs sur les avantages de ce barrage dû à M. Poirée. J'en ai entendu parler, je ne les connais pas officiellement. J'ai voulu savoir au fond comment le système se manœuvrait. Il y aurait eu peut-être des inconvénients pour la manifestation complète de la vérité à ce que je fisse la vérification moi-même. J'ai envoyé au pertuis de la Morue une personne très-intelligente, très-honorable, très-véridique, très-exercée en mécanique. Je l'ai priée d'examiner comment les choses se passaient, et de recueillir surtout les déclarations des barragistes.

Eh bien, la manœuvre ne se fait pas avec la rapidité qu'on indiquait ; il s'en faut de beaucoup. La manœuvre est très-difficile, et elle est très-dangereuse.

Je savais, par les aveux des ingénieurs que cette manœuvre intéressait le plus, que deux barragistes s'étaient noyés en faisant l'o ération.

M. Legrand, *sous-secrétaire d'État des travaux pubilcs*. C'est pendant le cours des travaux.

M. Arago. Ne s'en est-il pas noyé depuis ?

M. le sous-secrétaire d'État. Non !

M. Arago. En êtes-vous bien sûr ? Les barragistes témoins de l'événement disent le contraire ; ils disent, il est vrai, que c'était la faute des malheureuses victimes : elles ne savaient pas nager. (Mouvements divers.)

Voilà l'explication qu'ils ont donnée. On n'a pas dit que c'était pendant la construction, mais ce que c'était pendant la manœuvre des aiguilles.

Je dirai plus, la manœuvre est tellement difficile, tellement scabreuse, que, pendant six mois de l'année, on n'ose pas la faire. Faites-vous la manœuvre des aiguilles quand vous courez le risque que l'eau se gèle au moment où vous enlevez l'aiguille ? quand vous courez le risque de jeter des glaçons sur le port de service? Assurément non.

Par ce motif, le barrage reste ouvert, il reste plongé dans le fond de la rivière, il reste abaissé depuis le mois de novembre jusqu'au mois de mai.

M. le sous-secrétaire d'État. Il l'est toujours !

M. Arago. Pardon ! Si vous m'interrompez à la fin de chaque phrase, il me sera impossible de rien dire d'utile. Permettez-moi d'achever.

Prétendrait-on par hasard que la navigation n'est pas possible dans les mois d'hiver ? J'affirmerai hardiment que, dans l'intervalle que je viens d'indiquer, la navigation s'opère quelquefois merveilleusement. Publiez les

travaux de M. Dausse, et vous verrez que je n'énonce rien de trop.

Le barrage n'est pas soulevé, parce qu'il est difficile de le soulever, parce que les crues sont rapides à cette époque, et qu'alors on court le risque d'être obligé de le laisser levé pour un moment de crue, et par conséquent de produire l'inondation de toutes les propriétés riveraines circonvoisines. Cela est arrivé il y a deux ans, je crois; la crue montait avec tant de rapidité que les barragistes, au nombre de trois, n'étaient pas sûrs de faire leurs opérations dans un temps suffisant. On fut obligé d'appeler tous les vendangeurs qui étaient dans les environs, et, sans leur secours, la Seine aurait été barrée dans un moment de crue, et vous auriez eu de grands désastres. J'affirme ce fait, par ce qu'il est constant.

Je vais parler d'un inconvénient grave. Il sera question ici de perte d'eau, il sera question d'une chose ayant une analogie éloignée avec le jeu des turbines. Je crains que M. le ministre ne me réponde, comme il m'a répondu hier, par une plaisanterie spirituelle, mais qui était la plus étrange erreur hydraulique. (Mouvement.) M. le ministre a dit que la turbine avait l'inconvénient de boire beaucoup d'eau; mais savez-vous que c'est précisément là l'avantage des turbines? c'est par cette propriété là que les professeurs d'hydraulique commencent toutes leurs leçons sur les turbines. La turbine, disent-ils, a l'avantage sur les roues ordinaires, l'avantage très-considérable, très-précieux, de boire beaucoup d'eau dans un temps très-court, d'agir par toutes ses palettes à la fois,

tandis qu'une roue ordinaire n'a que très-peu de palettes en prise à chaque instant. Je ne puis pas vraiment supposer que M. le ministre ait imaginé que l'eau n'était pas rendue immédiatement. L'eau entrée dans la turbine retombe aussitôt à la Seine, et la rivière se trouve être dans les mêmes conditions que si le liquide n'avait pas passé par la machine. J'avoue que je ne comprends pas le reproche qu'a adressé M. le ministre aux turbines.

Je vais essayer d'être le plus clair possible, afin que si M. le ministre me fait l'honneur de me répondre, il ne confonde pas, comme il l'a fait hier, la quantité d'eau disponible avec la quantité d'eau vendue.

J'ai dit que la quantité d'eau vendue s'élevait à 7 litres par personne. M. le ministre a trouvé 128 litres en prenant pour base le débit du canal de l'Ourq; je ne sais pas pourquoi il n'a pas pris la quantité totale de l'eau de la Seine, il aurait trouvé davantage. (On rit.) J'ai parlé d'eau vendue et non d'eau disponible.

Je suis d'autant plus fâché de cette erreur, que le raisonnement de M. le ministre a amené un de ses défenseurs à supposer que, quand je parlais de 7 litres pour la consommation moyenne par individu, c'était 7 litres pour la consommation annuelle. (On rit.) Vous trouverez dans le journal le plus accrédité du ministère cette incroyable erreur.

Voilà comment on a commenté votre argumentation. Le commentaire est mauvais, votre texte était meilleur (On rit) quoiqu'il ne fût pas irréprochable.

Vous fermez la rivière avec des aiguilles; vous voulez empêcher l'eau de couler. Eh bien, avez-vous jamais

réussi à mettre les aiguilles en contact? cette manœuvre des aiguilles est très-difficile, elle est très-dangereuse. Un homme, placé sur un pont très-étroit, ne manœuvre pas avec facilité une aiguille de 3 à 4 mètres, quand il y a un courant considérable.

Vous croyez, Messieurs, que je me suis trompé dans la dimension des aiguilles? Vous êtes dans l'erreur. Il y a la portion plongée, il y a la portion comprise entre le niveau supérieur et le pont, il y a ensuite la partie que saisit la main. Ces aiguilles ne se touchent pas, par conséquent vous ne barrez pas, vous laissez une claire-voie, au lieu de faire un barrage complet. Il est évident que si vous faisiez un barrage complet, vous obtiendriez le mouillage voulu dans un temps beaucoup plus court. Ces opérations si défectueuses, vous pouvez les faire par d'autres systèmes sûrement et rapidement.

Je vous demande si vous êtes complétement résolus à vous servir partout du système à aiguilles. Voilà ma question ; elle est claire, et j'espère qu'elle ne donnera lieu à aucune équivoque.

Si vous êtes résolus à vous servir d'un système dont les défauts sont manifestes et patents, qui ne peut pas être manœuvré dans un temps très-court, qui devrait l'être avec rapidité dans une rivière destinée à recevoir la navigation à vapeur, je dis que vous ignorez les progrès que l'art a faits.

Ne vous obstinez pas à n'employer qu'un système imparfait; je l'appelle ainsi et je n'ai pas dit cependant à quels subterfuges, à quels expédients on propose d'avoir recours pour empêcher l'eau de s'écouler entre les

aiguilles : On veut mettre de la toile devant ! On ne l'a pas imprimé ; on l'a dit. Il est évident que la manœuvre de ces aiguilles, que la manœuvre de cette toile seront très-difficiles. Partout où vous avez établi des barrages à aiguilles, vous êtes obligé de nettoyer le système jour et nuit. Il s'insinue entre les aiguilles des matières qui ne permettent pas de les manœuvrer. L'homme qui est dans la position du barragiste n'a qu'une puissance très-bornée, et si vous introduisez dans les aiguilles des branches d'arbres, d'autres matières, vous n'êtes plus en mesure de retirer les aiguilles, et, s'il arrive une crue, vous inonderez toutes les campagnes voisines. C'est à cet inconvénient que vous devez parer.

Si vous tenez beaucoup à vos aiguilles, je ne vous demande pas de ne pas les employer; mais essayez des autres systèmes; ne vous montrez pas ennemis du progrès à ce point de ne pas vouloir essayer le système de la porte articulée et le système de M. Thénard.

## IV

### BARRAGE ARTICULÉ

Il existe en Hollande plusieurs écluses qui se ferment et s'ouvrent par l'effort même des eaux dont ces écluses sont destinées à régler le cours; le général Goblet a construit, il y a peu d'années, une écluse de cette espèce. M. Fourneyron a imaginé, en 1841, des portes d'écluses fondées sur ce principe général mais qui diffèrent complétement, pour les inventions mécaniques qui les caractérisent, de tous les systèmes anciens. Les portes propo-

sées par M. Fourneyron étaient destinées à fermer les arches du Pont-Neuf à Paris, afin de former une chute de la Seine, qui procurerait, sur ce point, une grande force susceptible d'élever, au moyen de turbines, un volume d'eau considérable à distribuer dans tous les quartiers de la ville.

Tout le monde a remarqué que sous l'arche d'un pont il se forme toujours une espèce de chute provenant du rétrécissement du lit de la rivière. Eh bien, qu'on suppose une grande porte cochère s'ouvrant d'amont en aval; le courant de l'eau tendra constamment à la pousser et à appliquer les deux battants contre chacune des piles de l'arche du pont. La difficulté est donc de tenir cette porte fermée.

M. Fourneyron a imaginé de faire articuler les deux battants, dans toute la longueur du bord libre, avec une cloison verticale composée elle-même de deux pièces articulées entre elles, et dont l'autre extrémité dirigée à l'aval se rend obliquement à la pile, et s'y fixe par une nouvelle articulation. Il y a ainsi derrière chaque battant un prisme creux triangulaire dont la face d'amont est constituée par le battant de la porte, la face d'aval par la cloison articulée, la face latérale par la pile du pont.

Si ce prisme était vide, ou si seulement l'eau y était au même niveau qu'en amont des battants, ceux-ci céderaient au courant en repliant la cloison contre le mur. Pour remplir ce prisme et y établir le niveau de l'eau au-dessus du niveau de l'amont du battant, on pratique dans la pile un canal latéral qui prend l'eau à l'entrée de

l'arche au-dessus de la porte, et l'amène dans le prisme où elle s'élève plus haut qu'en avant du battant. La différence des niveaux exerce une pression suffisante pour maintenir la porte fermée.

Pour ouvrir le barrage, on ferme le conduit qui amenait l'eau dans le prisme, et on laisse écouler l'eau qui y était contenue. Le sens de l'excès de pression changeant, il est évident que la porte doit céder au courant.

Un petit mécanisme à manivelle, que peuvent faire manœuvrer même une femme ou un enfant, en faisant mouvoir deux vannes en sens inverse, ouvre et ferme tour à tour l'orifice d'admission de l'eau dans le prisme, en même temps qu'il ferme ou qu'il ouvre l'orifice d'émission.

Tel est l'ingénieux système de portes, pour les écluses à large ouverture, qu'a proposé M. Fourneyron, et qu'il serait désirable de voir appliquer.

## V

### BARRAGE MOBILE DE M. THÉNARD[1]

Tous les moyens de locomotion et de transport sont, depuis une quarantaine d'années, l'objet de recherches assidues et approfondies. Ajoutons que le succès a couronné presque constamment les efforts des ingénieurs.

Ainsi, la question du tracé des routes a été définitivement soumise à des principes mathématiques. Des expériences nombreuses ont fait connaître le rapport du frot-

1. Rapport fait à l'Académie des sciences, dans la séance du 5 août 1844, au nom d'une commission composée de MM. Poncelet, Piobert, Dufrénoy, Arago rapporteur.

tement à la pression, sur les divers terrains naturels ou artificiels formant en France la surface des principales routes. Les propriétés comparatives des véhicules à grandes ou à petites roues, à jantes larges ou étroites, sont maintenant nettes et définies. Des essais méthodiques, entrepris sur une assez grande échelle, éclaireront bientôt l'administration, touchant les meilleurs systèmes de pavage; on saura ce qu'il est permis d'attendre du bois substitué au grès, des cylindrages exécutés à l'aide des rouleaux compresseurs convenablement pondérés, de l'emploi de telle ou telle matière d'agglomération, suivant la nature des cailloux formant les chaussées d'empierrement, etc.

Il faudait un grand nombre de pages pour signaler ce qui a déjà été réalisé concernant les chemins de fer, et les améliorations qui sont en cours d'expériences.

Cédant à des idées préconçues touchant les ondulations des liquides, cédant à la crainte de détru re les berges, personne n'exécutait jadis le halage sur les canaux, qu'au petit pas. Maintenant les bateaux rapides les parcourent avec la vitesse des chevaux de poste.

Chaque jour, la grande navigation à vapeur fait de nouveaux progrès; chaque jour apporte, en ce genre, des découvertes qui laissent bien loin derrière elles les améliorations prévues et même les espérances des esprits enthousiastes. Les ports les plus entourés d'écueils sont maintenant accessibles par tous les vents, par tous les états de la mer. Des remorqueurs y conduisent avec facilité, avec sûreté, de jour comme de nuit, les bâtiments de commerce et de guerre. Déjà certains steamers riva-

lisent en grandeur avec les immenses vaisseaux à trois ponts. Bientôt, peut-être, ils les surpasseront en puissance militaire.

La navigation fluviale n'est pas non plus restée stationnaire : mille bateaux à vapeur, remarquables par leur commodité, par leur élégance, par la rapidité de leur marche, et principalement par de très-ingénieuses machines, sillonnent en tous sens les rivières des deux mondes.

Que manque-t-il dans notre pays, pour assurer à cette navigation fluviale une supériorité décidée sur les autres moyens de locomotion et de transport? Une seule chose, peut-être, des rivières à niveau moins variable, des rivières qui, en été, en automne, offrent dans leur chenal une profondeur d'eau de plus d'un mètre.

Des barrages peuvent conduire à ce résultat.

Qui ne comprend, en effet, que si l'on établissait aujourd'hui, en face d'Auteuil, par exemple, de la rive droite à la rive gauche de la Seine, un barrage continu, haut de 2 mètres au-dessus du niveau de la rivière, l'eau ne commencerait à se déverser par-dessus la crête de ce barrage, qu'après avoir monté de 2 mètres, et que cet exhaussement se ferait sentir jusque dans Paris? Un barrage semblable exécuté entre le pont des Arts et le Pont-Neuf, élèverait notablement le niveau de la rivière jusqu'à Bercy, et ainsi de suite. En espaçant ces constructions d'une manière convenable, on aurait sur la rivière une série de nappes liquides échelonnées, où des bateaux d'un bon tirant d'eau pourraient naviguer même en temps de grande sécheresse. Le passage d'une nappe

à la nappe immédiatement inférieure ou supérieure, le passage d'un échelon liquide à l'échelon voisin, se ferait commodément par l'intermédiaire d'écluses à sas.

Les barrages partiels, ceux qui au lieu de s'étendre d'une rive à l'autre de la rivière n'embrasseraient qu'une partie de sa largeur, occasionneraient aussi, en amont, un exhaussement du niveau des eaux; mais l'effet serait moins considérable que sous l'action des barrages complets.

Rendre les rivières navigables en tout temps, même à l'époque des grandes sécheresses, serait une chose assurément très-utile; mais il est bon de songer à la saison des crues; il faut se rappeler que l'effet inévitable des barrages permanents, complets ou partiels, est de rendre les débordements plus fréquents et plus désastreux. Sous ce rapport, les piles de ponts elles-mêmes sont quelquefois fort nuisibles.

Voilà, en peu de mots, ce qui a conduit à l'idée des barrages susceptibles d'être facilement enlevés ou plongés au fond des eaux, les barrages appelés mobiles, destinés à rester en place pendant la sécheresse, et à disparaître au moment des crues.

Le système de barrage que M. l'ingénieur en chef Thénard a soumis à l'approbation de l'Académie, appartient à la catégorie des barrages mobiles. Il a été déjà appliqué sur un des affluents de la Dordogne; sur une rivière, l'Isle, dont le débit est de dix mètres cubes seulement par seconde, à l'étiage; de 85 mètres en eaux moyennes; de 242 mètres, quand elle coule à pleins bords; de 500 à 600 mètres dans les plus fortes crues.

Appelé par ses fonctions à diriger, à perfectionner la navigation d'une rivière si variable ; n'ayant d'ailleurs à sa disposition que de faibles ressources, M. Thénard s'imposa ces deux conditions rigoureuses :

Il faudra que l'abaissement et le relèvement du barrage s'opèrent en un petit nombre de minutes ; un seul homme, le gardien de l'écluse, devra pouvoir faire la double opération sans courir aucun danger.

Essayons de caractériser d'une manière générale la conception de M. l'ingénieur Thénard. Nous nous occuperons ensuite, s'il y a lieu, de la construction du barrage et des manœuvres; nous descendrons aux détails.

Concevons, de nouveau, que la Seine soit barrée d'une rive à l'autre, à l'aide d'une porte en bois verticale, de 2 mètres de haut, liée par des charnières en métal (par des gonds), à des longrines placées les unes à la suite des autres, au fond de la rivière. Les longrines seront fixées au radier en maçonnerie, dont il faut supposer que le fond de la Seine est recouvert.

La porte, d'après les dispositions de la charnière, ne peut s'abattre que d'amont en aval. Pour la maintenir dans la position verticale, pour l'empêcher de céder à la pression, au choc de l'eau d'amont, il faudra évidemment la soutenir vers l'aval par des arcs-boutants, par des jambes-de-force prenant leur point d'appui sur le radier. On se fera une idée suffisante de ce que peuvent être ces arcs-boutants, en se rappelant le petit mécanisme dont les ébénistes font usage pour soutenir, sous des inclinaisons variées, certains miroirs de toilette et certains pupitres.

Veut-on maintenant que le barrage disparaisse?

Il suffira de soulever un tant soit peu les jambes-de-force, d'ôter leurs extrémités inférieures des entailles au fond desquelles elles arcs-boutaient; aussitôt la pression du liquide fera tourner la porte, d'amont en aval, autour des charnières horizontales noyées, et la couchera sur le radier.

De prime abord, rien de plus simple, de plus satisfaisant que la manœuvre qui vient d'être décrite ; mais cette première impression disparaît quand on réfléchit à l'obligation d'aller soulever, une à une, toutes les jambes-de-force. Est-ce en bateau qu'on ira faire l'opération? est-ce en amont? est-ce en aval? On ne peut songer à marcher sur l'épaisseur de la porte, puisqu'elle est recouverte par la nappe liquide qui se déverse d'amont en aval. De quelque manière qu'on envisage la question, on aperçoit difficultés et dangers.

En fait de difficultés, la principale consisterait à ramener la porte couchée, de la position horizontale à la position verticale ; à vaincre, par les efforts d'un seul homme, l'action impulsive de l'eau sur une si immense palette! Il est vrai que cette palette on pourrait la fractionner, la diviser en un certain nombre de parties susceptibles d'être abaissées et relevées séparément. L'expédient serait assurément très-utile; mais où l'éclusier irait-il prendre ses points d'appui pour opérer tous les soulèvements partiels?

Supposons que d'après la disposition des charnières, au lieu de se rabattre d'amont en aval, comme nous l'avons d'abord admis, la porte continue ou fractionnée

ne puisse tourner à partir de la position verticale, ne puisse tourner pour se coucher au fond de l'eau, que d'aval en amont. Les difficultés des manœuvres seront, pour la plupart, l'inverse de celles qui viennent de nous occuper.

Dans le premier cas, la porte une fois couchée au fond de l'eau vers l'aval, y restait par l'effet de la seule impulsion de la masse liquide descendante. Dans le second cas, il faudrait l'y maintenir par un mécanisme, lors même qu'à raison de ses ferrures elle aurait une pesanteur spécifique un peu supérieure à celle de l'eau; sans ce mécanisme, le courant soulèverait la porte en la prenant par-dessous.

La porte, susceptible de se rabattre d'amont en aval, ne se maintenait dans la verticale, ne résistait dans cette position à l'impulsion de l'eau descendante, qu'à l'aide des jambes-de-force dont il a été parlé. Rien de pareil ne serait nécessaire, quant à la porte qui se rabattrait d'aval en amont. Une fois amenée à la verticale, l'impulsion de l'eau tendrait à l'y maintenir, disons mieux, à la faire passer au delà. Cette tendance à dépasser la position verticale vers l'aval devrait même être combattue, soit à l'aide d'une disposition appropriée des charnières, soit. plus convenablement encore, avec une chaîne bifurquée attachée par deux de ses bouts à la porte, et par le troisième bout au radier, en amont.

Après le soulèvement partiel des arcs-boutants, la première porte se rabattait d'elle-même; il ne fallait d'effort que pour la relever.

La seconde porte, au contraire, se relèverait d'elle-

même; un effort ne serait nécessaire que pour la rabattre contre l'action du courant.

Ce sont ces propriétés, comparativement inverses, dont M. Thénard a tiré ingénieusement parti : c'est en composant son barrage des deux systèmes accouplés; c'est en plaçant sur deux lignes parallèles, à quelques centimètres de distance, les portes susceptibles de se rabattre seulement en amont, qu'il a vaincu les difficultés très-graves inhérentes à chaque système, pris isolément.

La manœuvre du double système sera maintenant facile à décrire.

Le barrage est entièrement effacé; le gardien de l'écluse, à l'arrivée d'une crue, a couché toutes les portes. La crue est passée; il faut relever les portes d'aval, celles qui, pendant les sécheresses, doivent exhausser le niveau de la rivière.

Écartons le mécanisme qui fixe les portes d'amont au radier. Le courant les soulève et les amène à la position verticale, position qu'elles ne peuvent pas dépasser, soit à raison de leurs talons, soit parce que chacune d'elles est retenue, comme nous l'avons déjà dit, par une chaîne bifurquée, alors tendue, dont deux des bouts sont fixés à la partie supérieure de la porte, et le troisième au radier.

Quand cette première série de portes barre entièrement la rivière, les portes d'aval peuvent être soulevées une à une sans des tractions trop considérables, car de ce côté et à ce moment le courant est momentanément supprimé. Le gardien du barrage, armé d'une gaffe, exécute cette seconde opération en se transportant le long

d'un pont de service qui couronne les sommités des portes d'amont. Au besoin, il s'aide d'un petit treuil mobile. Du haut de son pont léger, il s'assure que les jambes-de-force des portes d'aval sont convenablement placées, qu'elles arcs-boutent par leurs extrémités inférieures, dans les repères du radier.

Ceci fait, le moment est venu d'abattre les portes d'amont : elles ne devaient, en effet, servir qu'à rendre la manœuvre des portes d'aval exécutable, qu'à permettre à un seul homme de les soulever.

Le gardien introduit l'eau par de petites ventelles, entre les deux séries de portes. Elle s'y trouve bientôt aussi élevée qu'en amont. Or, dans le liquide devenu à peu près stagnant, il doit suffire d'un effort médiocre pour faire tourner les portes d'amont autour de leurs charnières horizontales immergées, pour les précipiter d'aval en amont, de telle sorte qu'elles aillent frapper le fond du radier et s'y *loqueter*. Les chaînes de retenue dont nous avons parlé contribuent, pour beaucoup, à faciliter ce mouvement.

On a pu légitimement se préoccuper des dangers que le gardien de l'écluse courrait, en allant et venant le long d'un pont de service reposant sur une série de portes qui, dans un certain moment, ne sont retenues, du côté d'amont, que par un courant d'eau d'une très-faible vitesse. Hâtons-nous donc de dire, qu'à mesure qu'une porte d'aval est soulevée et arc-boutée à l'aide de sa jambe-de-force, M. Thénard la fait lier par un long crochet à la porte correspondante d'amont, ce qui donne au système toute la stabilité désirable.

Dans la description qu'on vient de lire, nous avons d'abord supposé le barrage rabattu; nous nous sommes occupés ensuite des moyens de le relever; il nous reste à dire, en détail, comment on revient de cette seconde position à la première.

Les portes d'aval, nous l'avons déjà expliqué, s'abattent par l'action du courant, quand les arcs-boutants sont relevés, ou même seulement quand leurs extrémités ne correspondent plus aux étroites saillies en fer sur lesquelles ils butaient.

Voyons donc de quelle manière on peut donner à l'extrémité butante le mouvement latéral qui la portera en dehors de la petite butée en fer.

Chaque arc-boutant est monté à charnière sur sa porte; il peut ainsi être soulevé indéfiniment, et recevoir, de plus, un léger mouvement giratoire latéral. Ce mouvement giratoire, l'éclusier le donne à l'aide d'une sorte de crémaillère en fer, glissant sur le radier, un tant soit peu en amont des pieds des arcs-boutants, et pouvant, par l'intermédiaire d'une denture convenable, être manœuvrée du rivage. Les redans de la barre mobile que nous avons appelée crémaillère, sont espacés de telle sorte, qu'ils ne dévient les extrémités des arcs-boutants, qu'ils ne les font échapper aux saillies en fer, aux butées, que les uns après les autres : les portes s'abattent donc successivement.

Chaque porte d'amont est retenue au fond de l'eau à l'aide d'un loquet à ressort fixé à sa partie inférieure et s'accrochant à un mentonnet en fer, attaché invariablement à une des longrines liées au radier. Le *déloquetage*

de ces portes s'effectue aussi par l'intermédiaire d'une barre de fer glissante, armée de redans et manœuvrée du rivage avec une manivelle et des roues dentées. Cette barre, en comprimant les ressorts qui tiennent les loquets en place, les décroche successivement, et chaque porte soulevée à son tour par le courant va prendre la position verticale.

Pour bien apprécier le mérite de l'invention de M. Thénard, il faut surtout savoir avec quelle rapidité s'exécutent les manœuvres des deux séries de portes. Voici ce que nous trouvons, à ce sujet, dans un rapport du mois de juillet 1841, rédigé par MM. Mesnager, Thénard, Vauthier et Kermaingant.

A Coly-Lemelette, sur la rivière l'Isle, le barrage a 48 mètres de long, et les portes d'aval 80 centimètres de haut.

Eh bien, 16 secondes suffirent pour abattre les portes d'aval, pour faire disparaître entièrement le barrage.

En 20 secondes les portes d'amont furent relevées.

Enfin, dans le court intervalle de 8 minutes, deux hommes abaissèrent les portes d'aval, relevèrent les portes d'amont après les avoir successivement déloquetées, redressèrent les portes d'aval, remirent tous les arcs-boutants en place et recouchèrent les portes d'amont, ce qui constitue la série entière des opérations.

Ici, le radier se trouvait à sec après le relèvement des portes d'amont, et les portes d'aval furent redressées à la main par deux hommes qui, partis des deux rives opposées de la rivière, allaient à la rencontre l'un de l'autre, en marchant sur la maçonnerie du radier. Cette expé-

rience ne fait donc pas connaître ce que la manœuvre complète destinée à relever le barrage peut exiger de temps, lorsque l'éclusier agit sur les portes d'aval avec un petit treuil, transporté successivement en divers points du pont de service. Les documents remis à la commission par M. Thénard, nous permettront de combler cette lacune.

Le 9 juillet 1843, MM. Mesnager, Thénard, Spinasse, Silvestre et Vergne, tous ingénieurs des ponts et chaussées, constatèrent, au barrage mobile du Moulin-Neuf, sur la rivière l'Isle, que les sept portes d'aval, de $1^m.7$ de haut et de $1^m.2$ de large, étaient abattues en une demi-minute ; que le relèvement des sept portes d'amont n'exigeait pas plus de temps ; qu'un homme armé du petit treuil portatif et placé sur le pont de service, employait 11 minutes à relever les sept portes d'aval et à établir les arcs-boutants ; que le même homme, enfin, recouchait et loquetait les sept portes d'amont en 8 minutes.

Il nous serait facile de trouver dans d'autres procès-verbaux, des exemples de manœuvres encore plus rapides.

L'Académie aura sans doute remarqué que les parties les plus délicates, dans le barrage mobile de M. Thénard, que les charnières des portes, les loquets à ressorts, les crémaillères glissantes, situées soit en amont, soit en aval, fonctionnent au fond de l'eau. On peut donc craindre que ces organes essentiels du nouveau barrage ne se couvrent de vase, de gravier ; que souvent ils n'agissent difficilement, que même, dans certaines circonstances, on ne réussisse pas à faire glisser les crémaillères destinées à déloqueter les portes d'amont, et à pousser hors de leurs

butées les extrémités des arcs-boutants des portes d'aval.

Cette difficulté nous a paru très-grave. M. Thénard, à qui nous l'avons soumise, a répondu :

Que les portes d'aval de son barrage ne sont jamais soulevées jusqu'à la verticale, qu'elles restent un peu inclinées, que les filets du courant qui vont les frapper se relèvent le long des faces d'amont et entraînent avec eux le sable et même le gravier; que l'expérience a confirmé cette explication; que les chutes rapides de liquide qui s'opèrent au moment où la cloison du barrage disparaît produisent des effets très-intenses; qu'elles entraînent même les grosses pierres, de telle sorte qu'il devient nécessaire de garantir le radier, en amont et en aval, contre les affouillements.

M. Thénard a d'ailleurs adapté à ses portes d'aval de petites ventelles qui peuvent être manœuvrées à la main, et à l'aide desquelles il fait chasse à volonté dans la direction même des coulisses des arcs-boutants et des butées dont nous avons si souvent parlé.

L'Académie vient d'entendre, quant aux portes d'aval, le résumé des observations de l'auteur du Mémoire. Des rapports que nous avons sous les yeux disent que les sables, les graviers, les herbes, les branchages n'ont jamais apporté d'obstacles sérieux à la manœuvre des portes d'amont. En pareille matière, les faits doivent évidemment tout primer; cependant, nous l'avouerons sans détour, nous eussions désiré trouver dans le barrage, soit des dispositions mécaniques propres à empêcher les corps étrangers d'aller gêner l'action des principaux organes mobiles, soit des moyens directs et d'un effet non

douteux d'enlever la vase, le sable, le gravier qui pourraient, dans certaines circonstances, envahir les charnières des portes, les loquets, les deux longues barres glissantes armées de mentonnets, les glissoirs et les butées des jambes-de-force, enfin les engrenages. C'est ici, théoriquement du moins, le côté un peu faible du système ; c'est la seule objection qui nous ait vraiment préoccupés. Nous espérons qu'elle disparaîtra bientôt : nous en avons pour garant l'esprit inventif de M. l'ingénieur Thénard.

Les barrages mobiles, essayés jusqu'ici, étaient plutôt des expédients que des mécanismes proprement dits. Personne ne pouvait les considérer comme des solutions définitives d'un des plus importants problèmes de la navigation fluviale. Il serait donc superflu de les comparer à l'invention de M. Thénard. Qui n'a d'ailleurs remarqué, par exemple, que les portes pleines du nouveau système procurent une retenue des eaux presque parfaite, tandis que la fermeture à l'aide d'aiguilles juxtaposées, adoptée jadis dans certaines écluses et appliquée plus en grand depuis quelques années, laisse filtrer d'immenses quantités de liquide ; qui n'a songé encore, qu'en cas de crue subite, les portes de M. Thénard peuvent être abattues en peu de secondes, de jour comme de nuit, sans que l'éclusier coure aucun risque, tandis que l'enlèvement des aiguilles juxta-posées serait, dans certaines circonstances, une opération des plus dangereuses, et ne saurait vraiment être exécutée avec sûreté que par d'habiles et vigoureux acrobates.

Les chemins de fer ont déjà considérablement réduit, en Angleterre, le cabotage, les transports par les canaux

et la navigation par les rivières. Pareille chose arrivera probablement en France. Il semble donc que l'invention de M. Thénard vienne trop tard, qu'elle ne puisse avoir aujourd'hui qu'un intérêt médiocre.

Cette opinion serait très-controversable, même au point de vue strict de la navigation fluviale ; mais ne faut-il pas considérer que les barrages rendraient les irrigations faciles dans d'immenses étendues du territoire aujourd'hui privées de ce bienfait? Doit-on oublier qu'à l'aide d'irrigations convenablement dirigées il serait possible, presque partout, de doubler, de tripler les récoltes; que les produits agricoles sont les éléments les plus précieux, les plus constants, les plus assurés de la richesse nationale?

L'exhaussement graduel du lit des rivières est une des calamités contre lesquelles les hommes ont vainement lutté jusqu'ici. Procéder par curage manuel, ce serait se jeter dans des dépenses sans terme. Les barrages mobiles sont un moyen d'opérer de fortes chasses, de les renouveler tant qu'on veut, de choisir les époques les plus favorables, et nous appelons ainsi les saisons, les mois, les semaines où les eaux sont limpides; ils paraissent donc appelés à jouer un rôle important dans la grande opération dont les affreuses inondations du Rhône et de la Saône n'ont que trop bien montré la nécessité et l'urgence.

La commission peut donc présenter à l'Académie les conclusions suivantes qui paraissent suffisamment motivées.

Le barrage mobile imaginé par M. Thénard offre,

comme nous l'avons expliqué, des combinaisons nouvelles très-ingénieuses. Il a d'ailleurs fonctionné avec succès, pendant plusieurs années, sur divers points de la rivière l'Isle. La commission n'hésite donc pas à proposer à l'Académie de lui accorder son approbation.

Il nous paraît bien désirable que M. l'ingénieur Thénard soit mis en position d'essayer son système sur un de nos cours d'eau les plus larges. Ce vœu peut être justifié en quelques mots :

Les barrages de l'Isle ont laissé plusieurs questions indécises.

Personne, par exemple, ne connaît aujourd'hui la longueur maximum qu'il serait permis de donner aux crémaillères glissantes destinées à agir sur les portes d'amont et d'aval; personne n'oserait affirmer catégoriquement que les plus vastes barrages pourraient, comme le croit l'auteur du Mémoire, être partagés en intervalles de 40 à 50 mètres, séparés par des piles fixes en maçonnerie, et présentant chacune un mécanisme indépendant; personne ne sait à quelle limite on devra fixer la plus grande hauteur des portes, et, par conséquent, des retenues, soit à raison des facilités de la manœuvre, soit afin d'éviter des chocs destructeurs au moment où les portes arrivent au terme de leurs mouvements; personne ne saurait dire d'avance quels seront les effets, sur tant de pièces submergées, des actions calorifiques, encore assez mal définies, qui donnent lieu dans les rivières à la production des glaces de fond, etc., etc.

M. Thénard, mieux que tout autre ingénieur, pourra dissiper ces doutes. Si de nouvelles expériences autori-

saient à généraliser ce qui a si bien réussi sur l'Isle, d'immenses volumes d'eau que les nuages versent en toute saison sur les croupes dénudées des montagnes n'iraient pas, comme aujourd'hui, se réunir aux flots de la mer sans avoir dans leur course rien produit d'utile; le commerçant verrait ses marchandises circuler régulièrement jusqu'au centre du royaume; des chômages périodiques n'entraveraient plus ses opérations; le manufacturier trouverait dans des milliers de cascades artificielles une force motrice puissante et économique; l'agriculteur, celui du midi surtout, serait à jamais soustrait aux influences ruineuses des sécheresses; ses récoltes deviendraient plus abondantes, et, ce qui doit figurer peut-être en première ligne, elles varieraient beaucoup moins d'une année à l'autre, quelles que fussent d'ailleurs les perturbations udométriques que le cours des mêmes saisons présente dans nos climats.

Avec une si brillante perspective devant les yeux, l'administration publique serait inexcusable, si elle ne se livrait point à des essais, même aventureux. Or, tel n'est pas, tant s'en faut, le caractère de l'expérience que la commission appelle de tous ses vœux. On peut conjecturer, en effet, avec une grande probabilité, qu'à l'aide de quelques modifications, les barrages éprouvés avantageusement en divers points du cours de l'Isle, réussiraient également sur nos plus grandes rivières.

## VI

### AMÉLIORATION DU PORT DU HAVRE

[A l'occasion de la discussion d'un projet de loi sur l'amélioration des ports, M. Arago prit la parole en ces termes, dans la séance du 10 juin 1844, sur les divers travaux à exécuter au port du Havre.]

Le commerce a pris dans la ville du Havre un développement tellement considérable qu'il est nécessaire de pourvoir à ses nouveaux besoins. Le gouvernement vous propose d'étendre les bassins, d'améliorer l'entrée du port. Tout cela paraît très-légitime.

La nécessité d'une extension du port n'est contestée par personne. Il s'agit de savoir si la solution qu'on présente est bonne et surtout si elle est la meilleure possible.

J'ai examiné la question avec toute l'attention dont je suis capable; je suis très-disposé à accorder une allocation même très-considérable pour le port du Havre; mais j'avoue que, après les réflexions les plus sérieuses, après l'examen le plus attentif, je n'ai pas trouvé que les travaux qu'on nous propose aient été choisis avec tout le discernement désirable. Je vais soumettre mes doutes à l'administration et à la Chambre.

Lorsque le projet d'améliorer l'embouchure de la Seine fut mis à l'ordre du jour, il surgit à l'instant douze à quinze propositions différentes : parmi ces propositions, trois devaient surtout exciter l'attention ; elles émanaient d'un ingénieur distingué, de l'ingénieur en chef du Havre.

Ces trois propositions supposaient toutes l'exécution d'une entrée nouvelle à faire au port du Havre. L'une de ces entrées, celle du premier projet, devait être pratiquée en Seine. Les entrées, parties essentielles des deux autres projets, auraient eu lieu au nord de la ville, c'est-à-dire en mer. Il paraissait donc qu'une nouvelle entrée était regardée par les ingénieurs comme une chose indispensable. Il n'en est nullement question dans le projet du gouvernement. On se borne à demander l'amélioration, l'élargissement et l'approfondissement de la passe actuelle.

Qu'a-t-on conservé du projet qui paraissait avoir la prédilection particulière de l'ingénieur? Tout, moins l'entrée en Seine. Avec cette entrée, le projet était très-défendable. Sa suppression soulève les plus graves difficultés.

Quand il s'agit de l'amélioration d'un port de mer, il faut évidemment s'éloigner de la mer le moins possible.

Les bassins proposés seront dans le projet modifié par le gouvernement, à une distance considérable de la passe.

C'est là, suivant moi, une objection capitale.

Je désire sincèrement que la discussion la fasse disparaître.

Dans les ports maritimes anglais, dans ceux où la navigation est la plus active et la plus facile, comment les bassins sont-ils disposés relativement à la rade ou à l'avant-port? Ils sont disposés de manière qu'ils ne se commandent pas réciproquement; un navire venant de la mer n'est pas obligé de passer dans un bassin pour

arriver dans un autre ; eh bien, Messieurs, dans le système qui vous est proposé, les bassins se commanderont respectivement. Pour arriver aux docks, certains navires seront obligés de traverser plusieurs écluses et de parcourir un espace d'une demi-lieue, tirés à la cordelle. Un pareil défaut n'existe pas dans les bassins de Liverpool.

Toute combinaison qui aurait eu pour résultat de faire jouir plus ou moins complétement le port du Havre d'un semblable avantage, aurait dû obtenir la préférence de l'administration.

Je reconnais que tout projet tendant à l'amélioration de l'entrée actuelle est une excellente chose, car cette entrée est trop étroite, cette entrée s'envase facilement, elle n'a pas une profondeur suffisante. Sous tous ces rapports, il faut adopter les propositions du gouvernement ; mais ce qu'il y a de regrettable, c'est qu'on ne réserve pas suffisamment ce qui est relatif au creusement d'une seconde entrée, c'est qu'on vous demande, pour améliorer l'entrée actuelle des sommes assez considérables, tout en déclarant que les procédés que l'on veut mettre en pratique ne réussiront pas.

Lisez le rapport, vous y verrez que l'on ne compte pas beaucoup sur la réussite des chasses, qu'on n'espère pas d'obtenir un approfondissement suffisant, un approfondissement nécessaire aux navires d'un fort tonnage.

On croit au Havre et sur un grand nombre de bancs de la Chambre, que l'exécution des travaux proposés amènera inévitablement la création d'une entrée en

rivière. On ne saurait assez s'élever contre ce projet; il est en opposition manifeste avec l'opinion éclairée, consciencieuse, de longue date, des personnes les plus compétentes de notre pays. Consultez, sur ce point, M. Beautemps-Beaupré, consultez M. l'amiral Baudin, qui, à ses grandes et hautes connaissances, joint l'avantage d'avoir résidé longtemps au Havre; ils vous diront l'un et l'autre que le creusement de l'entrée en rivière, de cette entrée que semble devoir amener inévitablement le projet qu'on vous propose, serait une opération fâcheuse. On n'ouvre pas une porte qui peut se fermer spontanément du jour au lendemain.

Voici ce qui résulte des belles opérations de M. Beautemps-Beaupré. M. le rapporteur, avec sa bonne foi ordinaire, n'a pas manqué d'en faire mention.

M. Beautemps-Beaupré a levé, en 1834, la carte hydrographique détaillée de l'embouchure de la Seine. Il a tracé le contour exact de ce qu'on appelle le banc des Neiges, en face des terrains de l'Heure.

En 1841, cette opération a été répétée par un ingénieur hydrographe très-habile, M. de Givry. Eh bien, Messieurs, le plan de 1834 et le plan de 1841 ne se ressemblent nullement. Le banc des Neiges a été entièrement modifié; il a changé d'étendue, de forme, de place. Faites une entrée dans cette région, les travaux coûteront des millions; ils seront absolument sans utilité.

Presque tout le monde prévoit que tôt ou tard il faudra faire, au nord, en mer, une deuxième entrée du port du Havre. Voyons si le projet actuel ne compromet pas l'avenir.

Dans le projet des fortifications qu'on vous présente pour ce port important, il est question d'établir le genre de redoute, qu'on appelle une lunette, dans l'emplacement désigné au Havre sous le nom de mare des Huguenots. C'est précisément là que devrait se pratiquer la nouvelle entrée du port; c'est là qu'elle se pratiquera nécessairement le jour où elle sera devenue indispensable.

Songez-y bien, Messieurs, le projet envisagé dans son ensemble, envisagé surtout d'après les dispositions présentées par M. le ministre de la guerre, compromet gravement, complétement, l'avenir du Havre.

On s'est préoccupé, dans le rapport de la commission, d'une difficulté qui a son importance, qui devait surtout frapper notre honorable collègue, M. d'Angeville, en sa qualité d'ancien officier de marine.

Les marées, au Havre, jouissent d'une propriété très-remarquable. Le plein s'y maintient à une hauteur constante, non pas mathématiquement bien entendu, mais sans changement considérable, pendant un temps assez long, pendant deux heures environ.

Il résulte de là que les navires ont de la marge pour entrer ou sortir.

Le port du Havre jouit d'une grande *tenue*, c'est là l'expression technique. Cette tenue est une propriété précieuse qu'il est nécessaire de conserver, à laquelle on ne doit porter atteinte à aucun prix.

M. d'Angeville, à cet égard, est parfaitement dans le vrai; mais, je lui en demande pardon, j'ai aperçu dans son rapport de petites erreurs; il me permettra de les lui signaler.

Il est dit dans le rapport, d'ailleurs si lucide et si bien fait de M. d'Angeville, que le port du Havre jouit d'une propriété unique ! Ce serait par un bien grand hasard, il faut en convenir, que l'embouchure de la Seine, au milieu des formes si variées que les marées présentent dans toutes les régions du globe, jouirait d'une propriété unique.

M. d'Angeville ajoute que cette propriété est inexplicable. C'est encore là une assertion hasardée.

Sur ce dernier point, M. d'Angeville n'a rien à se reprocher, attendu que l'explication véritable du phénomène n'a pas été rendue publique ; elle appartient à un des ingénieurs hydrographes qui, grâce à la libéralité des chambres, peuvent étudier avec suite, avec persistance, avec succès, les phénomènes si complexes des marées.

Venons à la question de fait.

Le port du Havre, comme le dit le rapport, est-il le seul point du monde qui jouisse d'une bonne tenue ?

Je n'aurais pas besoin de m'éloigner beaucoup du Havre pour trouver la réponse ; je passerai sur l'autre rive ; là, sur la plage de Merville, à quelque distance de l'embouchure de l'Orne, je rencontrerai une tenue notablement supérieure à celle du Havre.

M. D'ANGEVILLE, *rapporteur*. Voulez-vous me permettre ? Je tiens là *le Pilote français*, de M. Beautemps-Beaupré, et j'y lis, page 115 : « Le port du Havre a, sur tous les autres ports de la Manche, la propriété extrêmement avantageuse que la haute mer y reste étale pendant un intervalle de temps dont la durée moyenne est de cinquante-sept minutes. Le maximum de cette durée a été observé d'une heure quinze minutes et le minimum de vingt à vingt-cinq minutes. En général, dans les mois de mai, juin et juillet, la durée

de la mer étale est, sauf quelques exceptions, au-dessous de la moyenne, et, dans le reste de l'année, elle est presque toujours d'une heure et plus. »

Vous voyez que M. Beautemps-Beaupré reconnaît lui-même que, de tous les ports de la Manche, le Havre est celui qui a la plus grande tenue.

M. Arago. C'est d'un port et non pas d'une partie de la côte que parle M. Beautemps-Beaupré.

M. de Schauenburg. Sans doute, il s'agit d'un port.

M. Arago. J'en demande bien pardon à M. Schauenburg; mais il importe peu que la tenue dont je veux argumenter ait été observée dans un port ou sur une plage. Il s'agit de savoir si la propriété citée appartient exclusivement au port du Havre; si, comme on l'imagine, elle est le résultat du conflit de l'eau de la Seine descendant et de l'eau de la mer montante; si c'est un phénomène qui puisse être modifié ou détruit par des travaux. L'examen de cette question est d'un grand intérêt; car c'est sur l'idée que la propriété du port du Havre pourrait être modifiée par de certains travaux que reposent les scrupules de M. le rapporteur.

Je reviens donc à mon thème, et je dis qu'il n'est pas exact de prétendre que le port du Havre jouisse d'une propriété unique; je dis qu'on la retrouve dans des points voisins et à un plus haut degré.

Si l'on sait si peu de chose en pareille matière, c'est qu'on s'est ordinairement contenté d'observer la plus grande et la moindre hauteur des eaux; c'est qu'on a rarement cherché les lois qui président à leur augmentation et à leur diminution.

Au Havre, la tenue surpasse la tenue moyenne géné-

rale des ports, convenablement envisagée, de 49 minutes. A Merville, il y a une tenue supérieure à cette même tenue moyenne des ports de 67 minutes. Le phénomène n'est donc pas aussi local qu'on le supposait, un phénomène que les travaux des hommes puissent modifier. Une difficulté qu'on présentait contre l'ouverture d'une nouvelle entrée disparaît en présence des faits.

Vous dites que Merville n'est pas un port; je vais vous citer un port véritable, un port qui est en face du Havre, et dans lequel la tenue, envisagée convenablement, est plus considérable qu'au Havre, c'est le port de Southampton, en Angleterre. Je me contente d'une affirmation, je citerai les chiffres si on les demande.

Il y a donc au Havre, non pas un phénomène exceptionnel sous la dépendance de l'ouverture de telle passe, du creusement de tel bassin, mais un phénomène général. L'ingénieuse théorie que M. Chazallon en a donnée, ne laisse aucun doute à cet égard.

Le bassin proposé pour les paquebots transatlantiques prêterait aussi à des critiques sérieuses. La navigation transatlantique n'a-t-elle pas, d'ailleurs, été abandonnée? on l'a déclaré à cette tribune.

Vous savez avec quelle rigueur la loi sur les servitudes militaires est exécutée. Vous savez que le rayon de ces servitudes est très-étendu, qu'il est partout invariablement maintenu pour la défense du pays. Au Havre le principe a fléchi. Dans quelles localités? Dans les localités même où, tôt ou tard, on sera inévitablement obligé de creuser une nouvelle entrée du port; dans des localités qui vont se couvrir d'habitations; le jour, peut-être peu

éloigné, où vous vous occuperez de nouveau du port du Havre, vous serez forcés d'imposer au pays des dépenses énormes; il faudra exproprier des terrains aujourd'hui nus et qui alors seront couverts de maisons.

Les travaux actuels ont le double inconvénient de n'être pas urgents et de compromettre l'avenir. Je disais tout à l'heure qu'il fallait accorder beaucoup au Havre. Quels sont donc les travaux qui paraîtraient plus efficaces? qui seraient réclamés par des besoins moins contestables? Ma réponse est toute prête.

Je citerai une jetée que tout le monde réclame et contre laquelle j'ai été étonné de voir le rapport se prononcer d'une manière explicite : la jetée à construire sur le banc de l'Éclat.

Un port qui n'a pas une rade sûre est presque sans valeur; un port à l'entrée duquel les navires ne peuvent pas mouiller en toute sûreté, est un port qui manque de ses qualités les plus précieuses.

Vous pouvez procurer ces avantages au Havre, sans une dépense considérable relativement au but; vous pouvez y créer une rade extrêmement précieuse en jetant une digue, ce qu'on appelle un brise-lame, sur l'Éclat. Consultez tous les marins, ils vous diront qu'en deçà du banc de l'Éclat le fond de la mer est excellent, qu'on y peut mouiller avec sécurité, à moins que la mer ne soit très-houleuse.

M. Berryer. Quelle est la place de ce banc?

M. Arago. En face du cap de la Hève.

La proposition que je fais d'établir un brise-lame, une jetée sur le banc de l'Éclat, rappelle naturellement les

travaux si dispendieux exécutés en rade de Cherbourg; mais, Messieurs, remarquez qu'à Cherbourg on a commencé par des profondeurs de 15 à 17 mètres; remarquez que les parties du banc de l'Éclat qui ne se découvrent pas dans les grandes marées, ne restent couvertes que de 1 à 2 mètres d'eau; que par conséquent la construction de la jetée serait très-peu dispendieuse, relativement aux travaux que la jetée de Cherbourg a déjà occasionnés.

Ici, Messieurs, je suis obligé d'indiquer un projet de M. le ministre de la guerre qui est antinautique au dernier degré. Le banc de l'Éclat, en supposant même qu'on ne voulût pas y faire un brise-lame, une jetée, le banc de l'Éclat devrait être, dans l'opinion de tous les hommes de l'art, de tous les marins, la base où s'élèverait un fort à casemates et à plusieurs étages de canons, destiné à défendre la rade du Havre, à éloigner d'une manière absolue les dangers que la ville pourrait courir en cas de guerre.

Vous croyez peut-être que c'est le banc de l'Éclat qu'on a choisi? Pas du tout; c'est le haut de la rade, c'est-à-dire un banc considéré comme un écueil dangereux, et qu'on peut quelquefois difficilement éviter en se dirigeant vers l'entrée du port. Au lieu d'un travail qui améliorerait la rade, on en projette un qui la rendrait dangereuse.

Messieurs, on est peiné, lorsqu'en réfléchissant aux travaux considérables que l'on veut exécuter dans le port du Havre, travaux qui ne me paraissent pas considérables quant au but que l'on se propose, car je voudrais donner la même somme pour des travaux mieux enten-

dus; on est peiné, dis-je, de voir que l'administration ne s'est pas occupée de la navigation de la basse Seine. Il y a là cependant une question capitale, une question d'un intérêt immense.

Si la navigation de la basse Seine est extrêmement difficile, c'est que dans certains parages les passes que laissent les bancs changent de place; c'est que les chemins de halage sont dans un état déplorable.

Ces chemins sont endommagés par une cause particulière qu'on appelle la barre dans la Seine, le pororaca dans le fleuve des Amazones, et le mascaret dans la Dordogne. Ce phénomène consiste en une sorte de muraille liquide qui se précipite sur les rives et y produit de grands dégâts.

C'est légèrement, suivant moi, que l'on a admis que les forces humaines sont impuissantes contre la barre; voici sur quoi je me fonde.

Un ouvrage de Brémontier renferme ce fait curieux : « En 1760, le mascaret régnait dans la Garonne; il remontait trois lieues plus haut que Bordeaux. Ce bruit sourd et effrayant, que les marins connaissent si bien, s'y faisait sentir; aujourd'hui, il n'y a plus de mascaret dans la Garonne. Pourquoi a-t-il disparu? Par suite des atterrissements tellement peu considérables qu'on ne saurait pas dire avec certitude : la cause de la disparition est là. »

En présence de ce fait, on peut affirmer qu'avec des travaux bien entendus, on fera disparaître aussi de la Seine la cause incessante de dommage que j'ai citée.

Si on me faisait cette réponse : Il n'y a pas de projet

préparé pour cela, je répondrais : Ce travail existe, il a fixé l'attention du directeur des ponts et chaussées; il est de M. Bleschamp. Je ne l'ai vu qu'en manuscrit; il m'a été communiqué par M. le président de la chambre de commerce de Rouen. Je n'ai rien lu où les phénomènes produits par la barre soient décrits avec plus de netteté, de précision, de savoir, d'intelligence. M. Bleschamp indique des travaux qui déjà s'étaient offerts à la pensée d'un autre ingénieur célèbre, pour anéantir la barre : tout fait espérer le succès.

La question de la navigation de la basse Seine se lie intimement aux intérêts de notre force maritime. Le cabotage sera détruit en France ou du moins considérablement réduit par les chemins de fer. Déjà cette influence se fait sentir tristement en Angleterre. Le cabotage n'y existe presque plus que de nom. Les caboteurs britanniques, les charbonniers surtout, naviguent aujourd'hui à des prix qui annoncent une agonie. Voici l'état où ils ont réduit le cabotage français à Rouen :

En 1838, il y avait 275 navires français qui portèrent du charbon de terre d'Angleterre à Rouen; 246 navires anglais leur faisaient alors concurrence. Le nombre des navires français était supérieur de 29 à celui des navires anglais.

Quel est l'état des choses en 1843? Ce résultat vous frappera de surprise. Vous sentirez qu'il y a urgence à faire quelque chose pour notre navigation.

En 1843, au lieu de 275 navires français, il y en a eu 2, pas davantage. En 1843, au lieu de 246 navires anglais, il en est arrivé à Rouen 728.

Voilà donc une branche de notre navigation entièrement perdue !

Les Anglais peuvent se résigner à perdre leur cabotage, cette pépinière de notre marine ; ne sont-ils pas en possession d'une navigation commerciale immense ? Chez nous, la perte du cabotage serait fatale, notre marine s'en ressentirait profondément.

Voyez combien il y a d'individus inscrits sur les contrôles de la marine dans la très-petite circonscription de Rouen. Il y en a 2,000. Le jour où Rouen ne sera plus fréquenté par les caboteurs, et cela arrivera bientôt si la navigation de la basse Seine conserve toutes ses difficultés, vous pouvez être certains que ces 2,000 individus inscrits se jetteront dans les filatures ou toutes autres industries ; vous aurez perdu ainsi une partie notable et intéressante de votre population maritime.

M. DE VATRY. C'est déjà arrivé.

M. ARAGO. On vient de faire le calcul de ce que coûtera le transport d'un tonneau de marchandises par les chemins de fer de Marseille à Paris. Ce transport, dans l'état actuel des choses, est inférieur au transport par les bâtiments caboteurs qui, partant de Marseille, venaient jusqu'à Rouen.

Améliorez la navigation de la Seine, faites en sorte qu'un navire n'emploie pas cinq, six jours, et même quelquefois davantage, pour se rendre du Havre à Rouen, et cette inégalité, qui est maintenant en faveur des chemins de fer, sera en faveur de la navigation côtière, en faveur du cabotage.

Je crois qu'il eût été bon, surtout lorsqu'on votait des

sommes aussi considérables, lorsqu'on votait tant de millions pour Marseille, pour Bordeaux, pour le Havre, de s'occuper un peu de Rouen et de cette population maritime qui nous échappera, et de l'amélioration de notre cabotage, dont la perte frappera au cœur notre inscription maritime.

Je termine par ce peu de mots : Si le gouvernement ne s'occupe pas d'améliorer la navigation de la basse Seine, ce qui n'est ni au-dessus des forces du pays, ni au-dessus des forces de l'art, notre cabotage, je le répète, sera perdu, l'inscription maritime diminuera dans une telle proportion que l'on n'y trouvera même plus un personnel suffisant pour armer nos navires à vapeur; et dans peu de temps, si on n'y prend garde, ces magnifiques quais de Rouen, que tout le monde admire, seront des prairies. Napoléon disait : « Paris, Rouen, le Havre sont trois quartiers d'une grande ville, dont la Seine est la grande rue. » Cette grande rue mérite d'être prise en très-grande considération; il faut l'améliorer, il faut l'entretenir dans l'intérêt de la navigation et du cabotage. Il me semble que la justice doit être facile, lorsqu'elle s'allie si bien avec les intérêts d'une grande ville, d'une ville qui s'appelle Rouen, et avec les intérêts du pays. (Très-bien! très-bien!)

[Après une réponse de M. le ministre des travaux publics, M. Arago a ajouté les explications suivantes :]

Je demande la permission à la Chambre de faire quelques observations de ma place.

M. le ministre des travaux publics s'est mépris (je m'étais sans doute mal expliqué à la tribune) lorsqu'il a

cru que j'avais personnellement un projet tout préparé. J'ai prétendu seulement que les différents travaux qui pouvaient se faire autour du Havre, pour l'amélioration de la rade et du port, ne nous sont pas proposés dans l'ordre de leur urgence. J'ai dit de plus que les travaux actuels compromettront les travaux futurs dont on a reconnu la nécessité. J'ai soutenu cette thèse surtout en vue d'une annotation écrite en marge de mon exemplaire du rapport de M. d'Angeville, et qui émane d'une personne dont la compétence ne saurait être contestée. Elle est conçue en ces termes : « Tenez pour certain que d'ici à une époque peu éloignée, on sera obligé de faire une entrée nouvelle du côté du nord. »

Les travaux qu'on nous propose compromettront un jour les finances du pays et la prospérité du Havre.

Tel est le point de vue où je me suis placé.

Dans l'ordre des travaux utiles et urgents, il en est un qui ne figure pas dans le projet, et qui devait marcher en première ligne : c'est l'agrandissement de l'avant-port.

Il y a dans l'avant-port, à droite en entrant, un terrain qui appartient à l'État, à l'aide duquel il serait possible d'augmenter (je ne l'ai mesuré que de l'œil) l'étendue de l'avant-port d'à peu près 1/5<sup>e</sup>. Où l'inconvénient se manifeste-t-il dans la navigation du Havre? C'est d'abord dans l'avant-port; lorsque les caboteurs ne peuvent pas entrer en Seine, lorsqu'ils sont menacés par la tempête, lorsque par l'absence de brise-lame ils sont obligés de chercher un refuge, ils le cherchent dans l'avant-port; ils s'y accumulent, ils s'y entre-choquent.

Pourquoi ne pas utiliser le terrain dont je parle et qui appartient à l'État?

M. le ministre des travaux publics a affirmé que l'entrée future par le nord n'était pas compromise. Il nous a dit que dans le projet de fortification présenté par M. le ministre de la guerre, il n'y avait rien de proposé dans la division où pourra être creusée cette entrée du nord, que tous les hommes compétents regardent comme devant être inévitablement creusée un jour. Mais M. le ministre des travaux publics me permettra de lui faire remarquer que ce projet est précédé d'un exposé des motifs, et que dans cet exposé des motifs il est question de construire une lunette dans ce qu'on appelle la Mare des Huguenots, c'est-à-dire dans ce qui doit être la nouvelle entrée du Havre.

M. le maire du Havre est venu ce matin parler à M. le ministre des travaux publics, et lui a dit qu'on adhérait unanimement au projet. Veut-il que je lui dise le secret de cette adhésion? C'est qu'on craint que si un amendement était proposé, la Chambre ne rejetât le tout.

M. LE MINISTRE. Ce n'est pas cela!

M. ARAGO. Et le brise-lame, vous n'en parlez pas, monsieur le ministre, vous n'en dites rien. Renoncez-vous à répondre sur ce point; n'est-ce pas là ma principale difficulté?

M. le ministre a assuré que la nouvelle entrée que je ne propose pas maintenant, mais que je regarde comme une nécessité future, devrait exiger des bassins de chasse. Il n'en est rien. Cette portion de la rade jouit de propriétés très-précieuses. Le plan de M. de Gaule, fait en

1787, ressemble parfaitement à celui dressé par les ingénieurs hydrographes en 1834. La rade est parcourue par des courants qui la maintiennent dans un état permanent; vous n'avez rien à craindre de ce côté, et je voudrais pouvoir en dire autant de la passe actuelle.

Mon système, vous le voyez, est bien simple. Il consiste à dire que les projets ne sont pas proposés dans l'ordre de leur utilité, de leur urgence; je dis qu'ils ne seront pas les plus immédiatement utiles : j'insiste sur l'élargissement de l'avant-port, il ne se fait pas, et je ne m'explique pas pourquoi il n'est pas proposé. On en donne une raison à laquelle je ne puis ajouter foi; je ne croirai jamais que ce soit pour ne pas démolir aux yeux de la population un mur de quai très-peu ancien. Ce serait une futilité, car personne n'avait pu prévoir que le commerce du Havre prendrait un développement si énorme.

[M. d'Angeville, rapporteur de la commission, ayant soutenu que la construction d'un brise-lame altérerait la tenue de la mer au Havre, M. Arago a ajouté les explications suivantes : ]

Je ne peux pas laisser passer sans y répondre les critiques de M. d'Angeville. Mes assertions reposent sur des chiffres catégoriques. J'ai dit dans quelles localités la tenue était plus considérable qu'au Havre, dans quel rapport elle était plus considérable. J'ai cité l'auteur du travail qui a démontré les faits que j'ai avancés, M. Chazallon. Je ne saurais donc concevoir comment la citation de quelque ouvrage que ce puisse être infirmerait mes affirmations.

Malgré tout mon désir d'éviter une discussion technique,

il faut bien que, pour effacer l'impression qu'ont pu produire les paroles de M. d'Angeville, je dise à quoi tient la tenue; je serai court.

Peu de personnes se font une idée exacte des marées. La marée est une onde qui vient du large et qui se propage avec une certaine rapidité; mais cette onde est complexe. La théorie et l'expérience ont montré que l'onde générale qui produit la marée observée, est la résultante de plusieurs ondes distinctes qui tantôt s'ajoutent et tantôt produisent l'action inverse. La principale de ces ondes produit son évolution entière en un demi-jour lunaire; une autre onde se développe dans un quart de jour, une troisième, beaucoup plus petite, dans un sixième de jour, etc.

Dans toute masse liquide, les ondes s'ajoutent ou se soustraient, comme les chiffres dans l'addition et la soustraction. Si les parties saillantes de deux ondes se correspondent, l'onde totale est très-élevée; quand la partie basse d'une onde correspond à la partie haute d'une autre, il en résulte une dénivellation qui est égale à la différence de leurs hauteurs. Eh bien, il arrive au Havre que l'onde qui se développe dans un quart de jour est basse quand l'onde du demi-jour est à son maximum de hauteur. L'onde qu'on y observe est donc moins élevée que dans les localités où les parties saillantes des deux ondes se superposent : la partie creuse de l'onde d'un quart de jour affaisse d'autant l'onde d'un demi-jour.

L'onde d'un quart de jour se développant avec rapidité, quoiqu'elle soit moins considérable que l'onde d'un demi-jour, elle contre-balance pendant quelque temps,

dans son mouvement ascendant, le mouvement contraire plus lent de l'onde d'un demi-jour.

Voilà l'explication réelle de la tenue de la mer au Havre.

Les travaux que vous pouvez exécuter en rade n'exerceraient une influence sensible sur le phénomène, que s'ils changeaient notablement les temps des arrivées des deux ondes. Ne nous occupons donc pas des difficultés sur lesquelles se fondait M. d'Angeville; les travaux que vous exécuteriez au large du Havre n'altéreraient en aucune manière les propriétés précieuses que possède ce port, et qui, je le répète, ne lui appartiennent pas exclusivement.

Quand vous aurez un brise-lame, la rade sera couverte de navires. Rendez l'accès du Havre facile, aisé, la rade sûre, les autres améliorations viendront à leur tour.

M. LE SOUS-SECRÉTAIRE D'ÉTAT DES TRAVAUX PUBLICS. Si l'on construisait le brise-lame sans agrandir et approfondir l'entrée, les bâtiments n'en resteraient pas moins en rade: seulement ils y seraient plus en sûreté; mais ils ne pourraient pas entrer dans le port.

Si, au contraire, vous élargissez et approfondissez le chenal, les bâtiments en seront pas obligés de rester dans la rade. C'est surtout au point de vue militaire que l'établissement d'une rade serait très-utile: c'est aussi, comme je l'ai dit, au point de vue des intérêts commerciaux de Rouen et de Honfleur; mais nous n'avions pas, nous, département des travaux publics, à nous préoccuper des intérêts militaires, et nous ne nous occupons pas en ce moment des ports de Rouen et de Honfleur.

M. Arago. Il y a beaucoup de navires qui entrent au Havre pour se réfugier, et qui n'auraient pas besoin d'y entrer s'ils trouvaient un refuge derrière un brise-lame; s'ils trouvaient un abri derrière la ligne tronçonnée

dont on parlait tout à l'heure. Mais songez à l'avenir, à la nécessité de défendre le Havre; songez à la nécessité de créer sur l'Éclat une forteresse formidable avec des casemates, avec plusieurs étages de canons. Alors, mais seulement alors, vous n'aurez rien à craindre de l'ennemi.

## VII

### AMÉLIORATION DE LA PARTIE MARITIME DE LA SEINE

[La commission de la Chambre des députés proposait le rejet du crédit de 3 millions demandé par le gouvernement pour l'amélioration de la partie maritime de la Seine, entre Villequier et Quillebœuf. M. Arago prit la parole en ces termes pour défendre le projet du gouvernement dans la séance du 4 mars 1846:]

Messieurs, je viens combattre l'opinion de la commission et soutenir le projet du gouvernement. (Mouvement.)

On a présenté différentes objections; elles ont été discutées par M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics.

Je crois que plusieurs réponses peuvent être ajoutées à celles que vous avez déjà entendues.

On vous a dit que la destruction du barrage de Villequier, de la traverse de Villequier, pour me servir de l'expression consacrée, pourrait empirer le mouillage de la rivière en amont. On a dit que le barrage de Villequier était un seuil qui empêchait l'eau descendante de se déverser en quantité suffisante pour que le niveau en amont s'abaissât d'une manière fâcheuse; il me semble qu'on a oublié une chose essentielle.

Il n'y a pas seulement à Villequier une marée descendante, il y a aussi une marée montante ; par conséquent le seuil qui, dit-on, doit empêcher l'eau de descendre, l'empêchera aussi de monter; lorsque vous aurez détruit le seuil, si l'eau descend avec plus de rapidité, elle aura monté avec plus d'abondance pendant la marée montante. Par conséquent le problème n'est pas aussi simple que la commission l'a cru. Il y a là plus de difficulté que M. d'Angeville ne l'a dit.

Il est évident qu'un barrage qui empêche l'eau de descendre, empêchera l'eau de monter; que la destruction de la barre permettra à une plus grande quantité d'eau, pendant la marée, de monter en amont de la traverse. Vous ne pouvez donc pas dire d'emblée que vous aurez empiré l'état de la Seine en amont de Villequier, après avoir détruit la traverse. La traverse, par le mouvement dirigé de Rouen vers le Havre, empêche l'eau de descendre en très-grande abondance; mais la destruction de la traverse permettra à une plus grande masse de la marée ascendante de monter.

Il n'est pas possible sans calculs, sans faire des expériences, sans discuter des faits, de dire que la destruction de la traverse ne peut avoir aucun inconvénient.

Que le phénomène d'un obstacle opposé à la marche de l'eau de l'amont en aval soit produit par un seuil ou par un rétrécissement, le raisonnement est le même. On a rétréci l'Adour; on sait quel est l'effet que ce rétrécissement a produit. Il est l'équivalent d'un seuil, quant à la variation du niveau de l'eau.

M. le Rapporteur. Il est mauvais.

M. Arago. Il est mauvais à d'autres égards, mais non pas à votre point de vue : il est certain qu'il a été créé un obstacle au mouvement descendant, lequel est devenu aussi un obstacle au mouvement ascendant de la marée. Eh bien, la tenue des eaux est plus considérable en amont du rétrécissement que par le passé.

Le genre de défauts que M. le rapporteur attribue à la destruction de la traverse de la Seine est complétement opposé au raisonnement et aux faits.

Quand il s'est agi pour moi de prendre un parti dans la question, j'ai été préoccupé d'une difficulté, c'est celle de la barre; je me suis demandé quel serait l'effet des travaux actuels relativement à la barre. La barre a été présentée comme un phénomène redoutable par l'honorable M. d'Angeville; il en a fait tout à l'heure une peinture effrayante.

M. le Rapporteur. C'est M. Beautemps-Beaupré qui a fait cette peinture.

M. Arago. A quelques égards la peinture est vraie, mais je crois cependant que vous avez confondu deux choses.

On ne sait pas bien expliquer la barre. C'est un phénomène plus commun qu'on ne le croit, on l'a observé dans la Garonne, dans la Gironde, dans la Seine, dans le Gange, dans l'Amazone, dans toutes les branches du Gange, et particulièrement dans un fleuve que l'on considère comme une branche du Gange, mais qui est une rivière à part, et qui mérite de prendre un nom spécial, le Burrampooter (Brahmapoutra). La barre dans la Seine n'atteint pas une hauteur supérieure à 1 mètre 1/2;

dans le Burrampooter, la barre atteint jusqu'à une hauteur de 4 mètres, dans l'Amazone de 5. Eh bien, Messieurs, est-ce que la navigation est empêchée, est-ce qu'elle est difficile? mais tous les approvisionnements de Calcutta et des autres villes qui sont placées sur les rives du Gange se font avec de très-petites barques, pourvu qu'on ait l'attention de se tenir dans le milieu de la rivière, et de ne pas s'approcher des rives. Alors le danger est nul. Ce phénomène a été étudié avec le plus grand soin dans la rivière des Amazones, en 1744, par Lacondamine; c'est la plus ancienne mention que l'on en trouve. Là des radeaux, des bateaux non pontés ne courent aucun danger quand ils se mettent au milieu du fleuve, et cela par deux raisons : la première, c'est que, dans le milieu de la rivière, la barre a une moindre hauteur; la seconde, c'est que là la hauteur est régulière. On pense que la barre est un transport d'eau, un courant; on se trompe, la barre n'est pas un courant, c'est une ondulation.

Le navire qui rencontre la barre, monte et descend et ne change pas de place; il est comme un corps flottant sur une nappe liquide en oscillation. Quand vous voyez une onde se promener sur une nappe liquide avec beaucoup de rapidité, aucune molécule d'eau n'a de mouvement latéral : elles montent, elles descendent; il se produit là un mouvement oscillatoire et non pas un mouvement de transport. C'est là le mascaret; c'est ce que sur la rivière des Amazones on appelle pororoca : c'est la barre de la Seine.

Si ce mouvement ondulatoire prend par le travers un

bâtiment qui est échoué sur le rivage, le bateau est renversé. Sous ce rapport, M. d'Angeville disait vrai; mais quand le bâtiment monte et descend avec l'onde, quand il n'est pas échoué, au moment même où l'onde lui donne le mouvement oscillatoire, il ne court aucun danger, pourvu, je le répète, qu'il se tienne vers le milieu de la rivière.

Les travaux qu'on se propose d'exécuter auraient pour résultat d'augmenter la barre, que cela ne devrait pas vous empêcher de détruire la traverse de Villequier, parce que la barre, quand on l'attaque de front, dans son milieu, n'est pas très-dangereuse. Mais est-il vrai que la barre de la Seine produise les effets désastreux dont on vous a fait une peinture si animée? Je savais que j'aurais à m'occuper, comme député, de cette question. J'ai eu la curiosité de descendre la Seine et de la remonter avec un navigateur qui la descend et la remonte tous les jours, c'est le capitaine Bambine; je l'ai prié de m'indiquer pendant toute la course quels étaient les ravages extraordinaires que la barre produisait. Eh bien, j'ai vu près de Villequier des jardins, des prés, séparés de la Seine par des murs de pierres sèches. Il était évident, par la couleur des pierres et la nature des herbes qui les recouvraient, qu'elles étaient là depuis longtemps; ses effets ne sont évidemment dangereux sur les bords que pour un bâtiment échoué; mais quand la barre rencontre un bâtiment flottant, le danger n'existe pas.

Maintenant, avons-nous à redouter que les digues submersibles, le rétrécissement proposé, augmentent la barre? Je ne le crois pas. Je le répète, la science ne

sait pas donner une explication satisfaisante, complète, du phénomène dont j'ai eu l'honneur d'entretenir la Chambre.

Mais la science recueille les faits et les discute ; elle examine ce qui peut modifier, augmenter ou diminuer la barre. Or, il est évident qu'elle n'est dangereuse que là où il y a peu de profondeur d'eau.

Il y a un fait certain qui résultera des digues longitudinales : c'est l'approfondissement du chenal ; par conséquent, la barre y perdra sa hauteur.

Qu'a-t-il pu se passer dans la Garonne depuis 1780? Un rétrécissement de la rivière. Je ne vois pas d'autres modification possible, d'autre modification acceptable que celle-là. Eh bien, cette modification a changé complétement l'état de la rivière, relativement au mascaret.

On citait tout à l'heure Brémontier, un homme de mérite, un observateur fidèle, exact, qui ne se laissait pas aller à son imagination. Il a été chargé de surveiller la navigation de la Garonne très-longtemps, et voici ce qu'il rapporte dans un ouvrage que j'ai consulté encore ce matin.

Brémontier dit, dans cet ouvrage de 1829, que, trente ans auparavant, le mascaret remontait beaucoup au-dessus de Bordeaux, jusqu'à Langon, et qu'il faisait tant de bruit en remontant, qu'on l'entendait à une lieue de distance. Maintenant, on ne l'entend plus : il a même complétement disparu. Il ne reste plus de traces de ce phénomène redoutable.

Quelle peut en être la cause? Voyons, cherchons par la pensée des modifications qui ont pu amener ce ré-

sultat : je ne vois pas qu'on puisse s'arrêter à autre chose qu'à un rétrécissement de la rivière. C'est un rétrécissement qu'on vous propose.

Messieurs, je ne crois pas que les travaux qu'on veut faire soient des travaux dangereux ; je crois que c'est un essai important ; je crois que vous approfondirez la rivière dans un passage difficile et qui intéresse au plus haut point la navigation.

Je crois que vous n'ajoutez pas aux dangers de la barre. Je crois que la barre diminuera dans son amplitude ; je crois, d'ailleurs, qu'elle doit diminuer par la profondeur, comme toutes les expériences le montrent.

Par conséquent, il n'y a pas de dangers dans le travail que propose le gouvernement, et il y a des avantages manifestes.

Je ne voulais parler que de la question technique que j'ai étudiée. Il me semble que les arguments que j'ai avancés sont décisifs ; mais qu'on me permette d'ajouter un mot, un seul mot, relativement à une considération qu'a fait valoir l'honorable M. d'Angeville.

M. d'Angeville vous a dit : « Si vous améliorez la Seine, les navires remonteront jusqu'à Rouen ; si vous ne l'améliorez pas, les navires ne remonteront pas jusqu'à Rouen ; ils s'arrêteront au Havre. Voilà toute la différence. »

Cette différence m'a paru énorme. Dans le voyage dont je parlais tout à l'heure, j'ai consulté à Rouen les personnes les plus instruites, les plus au courant des affaires maritimes. Elles m'ont fait remarquer que le transport des marchandises, par un chemin de fer entre

Marseille et Rouen, sera un peu supérieur, avec tous les prix que vous connaissez, au transport des marchandises par le cabotage, si l'on n'est pas obligé de rompre charge au Havre; elles ont ajouté, au contraire, que le cabotage entre la Méditerranée et Rouen pourra conserver toute son activité si les navires vont directement de Marseille à Rouen (C'est cela! c'est cela!); tandis que si on est obligé de débarquer au Havre, le cabotage ne pourra pas être conservé, il sera tué par le chemin de fer.

Eh bien, je regarde comme une chose d'une importance extrême que vous conserviez le cabotage comme un des éléments de l'inscription maritime. (C'est cela! — Très-bien! très-bien!)

## VIII

### SUR DES TRAVAUX A ENTREPRENDRE POUR AMÉLIORER LA NAVIGATION

[Dans la séance du 30 mai 1833, M. Arago a signalé la nécessité d'achever divers travaux publics; nous plaçons ici la partie de son discours relative aux travaux d'amélioration de la navigation.]

M. LE PRÉSIDENT. La suite de l'ordre du jour est la discussion du projet de loi sur la demande de 100 millions, pour travaux à continuer ou à entreprendre. La parole est à M. Arago, premier orateur inscrit contre le projet.

M. ARAGO. Le rapport de la commission ne nous ayant été remis que lundi, il nous a été impossible en trois jours d'en faire une étude approfondie. Je ne cite au reste cette circonstance que pour obtenir, s'il est possible, l'indulgence de la Chambre.

Je m'associe sans aucune réserve à l'idée qu'a eue M. le ministre de consacrer une partie des fonds de

l'amortissement à des travaux d'utilité publique, et surtout à des travaux d'achèvement. Je m'associe également de grand cœur à la pensée qu'a eue la commission de proposer quelques travaux nouveaux. Je désire seulement que nous ne fassions pas le deuxième tome des canaux. Il me semble qu'il serait nécessaire que des projets nous fussent remis avec des plans, des devis et des études approfondies, de manière qu'on pût juger l'étendue de la carrière dans laquelle on va s'engager.

Parmi les travaux commencés qu'on propose d'achever, il en est quelques-uns très-importants; mais il en est d'autres non moins utiles qui ont été oubliés. Il eût été désirable que le ministre présentât un travail général, complet, appuyé de pièces détaillées; et je crois qu'alors il aurait trouvé dans la Chambre très-peu d'opposition, non-seulement pour les projets qu'il a proposés, mais encore pour d'autres travaux que je vais signaler.

M. le ministre sollicite l'achèvement des monuments de Paris et plusieurs canaux. Je demande à mon tour pourquoi, dans le projet de loi, il n'a pas été question des ports, qu'il serait aussi important d'achever.

M. LE MINISTRE DE L'INTÉRIEUR. Cela concerne la marine.

M. ARAGO. Il en est plusieurs qui ne concernent pas la marine; il s'agit, au surplus, d'un projet général. Il serait désirable qu'on achevât le port de Cherbourg, qui est commencé depuis 1786. Les Anglais ont terminé un travail de même nature en très-peu d'années, je veux parler du *Breakwater* de Plymouth.

Vous savez que, dans le département de la Gironde, les dunes gagnent chaque année beaucoup de terrain.

Le problème de les arrêter est complétement résolu; mais à la condition d'agir activement et avec ensemble. Les travaux que l'on fait aujourd'hui, par leur peu d'importance, sont presque de l'argent perdu. Le port de Bayonne a une barre qui avance tous les ans. On est arrivé, tout porte à le croire, à une époque où ce mouvement de progression deviendra très-lent; il serait donc important que M. le ministre consacrât les fonds nécessaires à l'achèvement de ce port.

J'arrive au golfe de Lyon : ce golfe forme un demi-cercle. En temps de guerre, l'entrée d'un des trois ports que ce golfe renferme, l'entrée de Marseille, est très-difficile. Je puis en parler par expérience, car j'ai été pris trois fois sur des bâtiments de commerce en voulant m'y réfugier. Eh bien, à l'extrémité du diamètre de ce golfe, il existe un port excellent, un port qui serait sans prix, si l'on consacrait à l'améliorer quelques parcelles du budget.

Je vais citer à l'appui de ce que j'avance, l'opinion de l'illustre Vauban. Voici ce qu'il disait dans un mémoire manuscrit que j'ai entre les mains :

« Pour conclusion, je trouve pour la France tant d'avantage à améliorer Port-Vendre, que je vivrais cent ans et qu'on me fît faire cent voyages en Roussillon, je me ferais toujours un point de conscience de proposer une chose qui importe tellement au service du roi et de la France, qu'on ne peut sans indignation concevoir la nonchalance qu'on a eue pour ce port jusqu'à présent. » (*Mémoire de Vauban* du 2 mai 1679.)

Si l'on trouvait quelque exagération dans les paroles

de Vauban, je dirais qu'aujourd'hui que nous possédons Alger, elles sont d'une vérité incontestable. Le Port-Vendre rendra très-facile, même en temps de guerre, nos communications avec l'Afrique; cinq ou six heures après être sorti de ce port, on se trouve dans les parages des îles Baléares.

Ainsi, sans étendre mon énumération plus loin, je crois pouvoir reprocher au ministre de n'avoir pas présenté un plan général des travaux commencés, et qui auraient pu être achevés avec fruit; de ces travaux qui finissent par rapporter au centuple ce qu'ils ont coûté.

On a proposé d'améliorer la navigation de la Saône. Personne, plus que moi, n'applaudirait à un pareil travail; mais sur quel point porteront les améliorations? A-t-on des projets étudiés, arrêtés? Et, dans ce cas, sait-on si la somme demandée est suffisante? N'est-il pas vraiment étrange, quand on parle à la Chambre de la canalisation des rivières, qu'on ait oublié la Seine? M. le rapporteur sait mieux que personne que cette rivière est dans un état déplorable, qu'il serait très-urgent de s'en occuper.

Dans les demandes de la commission, il est question de 500,000 ou 600,000 fr. destinés à des études de chemins de fer; mais on a cité presque exclusivement le chemin de Paris à Marseille.

Je ne doute pas que ce chemin ne soit très-utile; toutefois il en est un autre qui serait probablement plus important encore. Je me rappelle avoir vu jadis, dans les mains d'un de nos ingénieurs les plus distingués, d'une des plus hautes notabilités dont le corps des ponts et

chaussées puisse se glorifier, dans les mains de M. Brisson, le dessin détaillé d'un canal entre Paris et Strasbourg. Au moyen de ce canal et d'après des études qui n'étaient pas seulement un avant-projet grossier, mais bien un système complet et étudié, si j'ai bonne mémoire, le transport des marchandises, entre la France et Strasbourg, entre la France et le Rhin, serait moins coûteux que par la voie de la Hollande. Ce serait peut-être là une solution définitive de la question de l'Escaut; ce serait le plus définitif de tant de protocoles dont on a parlé à cette tribune. Je le recommande à l'esprit ingénieux de M. le ministre du commerce; il y aurait quelque chose de piquant à terminer la question belge, au profit de la France, avec un chemin de fer ou avec le canal Brisson.

Je dirai, à l'égard des chemins de fer, que le rapporteur me paraît avoir commis une erreur : peut-être était-elle inévitable lorsqu'il a fait son travail; mais de nouveaux renseignements sont arrivés depuis. M. de Bérigny insinue que les longs chemins de fer ne seront utiles que pour le transport des voyageurs. Voici les faits : j'ai eu, ces jours derniers, sous les yeux, un document qui prouve que, sur le chemin de fer de Manchester à Liverpool, la valeur du transport des marchandises, pendant le dernier trimestre, a correspondu à un revenu annuel de 4 pour cent; le transport des voyageurs a donné à peu près le même résultat. Ainsi, les actionnaires auront 8 pour cent de leurs fonds.

Je dirai quelques mots de la construction des machines à vapeur. Il y a là une question importante, qui se rat-

tache aux plus grands intérêts. Nous nous vantons souvent de l'état prospère de notre industrie. Cette prospérité ne s'étend pourtant pas jusqu'à nos manufactures de grandes machines ; ces manufactures sont très-arriérées. Ce n'est pas que nos ingénieurs manquent de mérite ; au contraire, nous en avons d'extrêmement distingués : j'en connais personnellement sept ou huit tout aussi habiles certainement que ceux dont l'Angletere se glorifie. Ils ne sauraient cependant exécuter de grandes machines au même prix que nos voisins. La raison en est bien simple : quand on commande une machine unique à un mécanicien, il est obligé de trouver dans les bénéfices de la construction les dépenses que la confection de tous les outils occasionne.

J'ai eu sous les yeux un marché que le célèbre Maudlay contractait avec le gouvernement anglais ; il pourrait se traduire ainsi : « Les objets que vous me commandez coûteront cent francs si vous m'en demandez dix, cinquante francs si vous m'en demandez cent, et dix francs si vous m'en demandez mille. » Tout le monde comprend maintenant le problème. Nos constructeurs exécuteront des machines de la plus grande dimension aussi bien que les constructeurs anglais, dès qu'ils seront outillés. Il faut donc que le gouvernement leur donne la facilité de se procurer les moyens mécaniques dont la plupart manquent encore ; je veux dire qu'il doit payer la plus-value des premières machines de nos artistes, plus-value que les simples particuliers n'entendent pas supporter. Quel est le moyen ? le voici :

On a dit, en rendant compte des besoins de la marine,

dans la dernière session, que le gouvernement anglais avait très-peu de bateaux à vapeur. On a dit vrai, mais la conséquence qu'on en tirait n'est pas tout à fait exacte. L'amirauté anglaise n'a pas dans ses arsenaux des bateaux à vapeur tout préparés pour l'éventualité d'une guerre; mais a-t-on oublié qu'elle pourrait disposer sur-le-champ de la multitude de grands bateaux qui sillonnent la Tamise, le canal de Saint-Georges et toutes les mers environnantes? j'ajouterai, et je crois être bien informé, que chez nos voisins, le gouvernement a fait faire d'immenses machines; que ces machines sont en magasin, prêtes à être transportées sur des navires si la guerre venait à éclater. Eh bien, ce que l'Angleterre a fait, il faudrait que le gouvernement français le fît également. Il fournirait ainsi à nos artistes principaux, les moyens d'exécuter pour le commerce les plus grandes machines, qu'aujourd'hui il va chercher en Angleterre. Dans ce genre de choses, Messieurs, imitons nos voisins, nous nous en trouverons bien.

Il y a des industries dont le gouvernement ne doit point se mêler. L'horlogerie, par exemple, sauf le cas tout particulier des chronomètres, lui est nécessairement étrangère; mais il n'en est pas de même des grandes machines. Il a un intérêt immense, un intérêt national à ce que les constructeurs soient placés par une commande suffisante dans le cas de se pourvoir des moyens puissants à l'aide desquels on exécute des machines à vapeur de la force de cent à deux cents chevaux.

[M. Arago passe à la discussion de la question de la Bibliothèque royale et à celle des phares. Nous placerons ailleurs ces parties de son improvisation.]

J'arrive maintenant aux travaux réclamés par M. le ministre du commerce. Je demanderai d'abord la permission de lui soumettre quelques doutes. M. le ministre veut faire exécuter *sur-le-champ* tous les travaux qui sont à Paris en cours d'exécution : c'est, je crois, l'expression dont il s'est servi dans l'exposé des motifs. Reste à s'entendre sur sa portée.

M. LE MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE. Nous avons voulu parler de trois ans.

M. ARAGO. L'observation que j'ai voulu faire n'en subsistera pas moins. Je ne voudrais point que les monuments fussent achevés dans un temps trop court. D'abord, les carrières actuelles pourraient à peine fournir aux besoins réunis des constructions entreprises par des particuliers, des grands travaux du gouvernement et de ceux de la liste civile. Il en résulterait une augmentation exorbitante dans le prix des matériaux. Les ouvriers de Paris ne pouvant suffire à tous ces travaux, vous seriez obligés d'en faire venir un nombre considérable des départements.

Que le passé nous serve de leçon. Peu après la révolution de juillet, j'étais membre du conseil général du département de la Seine, et je n'ai pas pu oublier combien nous éprouvâmes d'embarras pour satisfaire aux besoins de tant d'individus étrangers à la ville de Paris et qui n'avaient pas d'ouvrage. Qui ne se rappelle le Champ-de-Mars gâté au prix de tant d'argent? Je le répète, Messieurs, si vous donnez un développement exagéré à vos travaux, vous nuirez d'une manière grave aux entreprises particulières; vous verrez augmenter tous

les matériaux, la chaux, le moellon, le plâtre d'une manière effrayante.

Vous élèverez outre mesure le salaire des ouvriers; si cet état de choses pouvait durer longtemps, je m'associerais à vos vues, car toutes mes plus vives sympathies, je le déclare franchement, sont pour la classe ouvrière; mais au bout de trois ans, presque tous vos travaux cesseront, vous serez obligés de renvoyer de Paris une population factice que vous aurez créée inconsidérément.

Beaucoup d'ouvriers qui, aujourd'hui, ont abandonné l'état de maçon ou de tailleur de pierres, qui sont devenus tisserands, laboureurs, gardes champêtres, surveillants dans des usines, quitteront ces positions modestes, car la prévoyance n'est pas notre qualité distinctive; ils viendront en foule à Paris, ne voyant que le bénéfice du moment. Eh bien, dans trois ans, ils n'auront plus d'occupation. Qu'en ferez-vous alors? N'auront-ils pas le droit de dire que vous les avez trompés? Je crois qu'il est utile, je crois qu'il est nécessaire, non de faire dix bâtiments sur-le-champ, mais de porter tous vos moyens, toutes vos forces, d'abord sur un monument, et après l'avoir achevé, sur un autre. C'est ainsi, je crois, que Napoléon gagnait des batailles. En l'imitant, vous vaincrez l'inertie, la persistance et les caprices des architectes. Cette marche, que j'approuve, peut très-bien se concilier avec la répartition des travaux sur plus de trois années.

## IX

### AMÉLIORATION DU PORT DE CHERBOURG ET DE CELUI DE PORT-VENDRE [1]

Personne ne s'associe plus vivement que je ne le fais au désir de la Chambre, de la France entière, de voir les grands travaux commencés à Cherbourg entièrement achevés. Je désirerais cependant que M. le ministre de la marine se décidât à faire examiner par une commission *ad hoc* une question de la plus haute importance, celle de savoir si la digue de Cherbourg doit être continue ou si plutôt il ne faudrait pas la tronçonner. Je sais qu'on pourra me répondre que des décisions formelles existent et qu'elles sont toutes favorables au genre de travaux qu'on exécute en ce moment. Mais les travaux hydrauliques doivent être rangés parmi les plus difficiles dont les ingénieurs aient à s'occuper ; il est impossible de prévoir, sans les études les plus sérieuses, ce qui se manifestera dans une localité, en argumentant de ce qui est arrivé dans une localité différente. Et d'ailleurs, Messieurs, les travaux exécutés à Cette avec l'assentiment du conseil général des ponts et chaussées, n'ont-ils pas eu des résultats déplorables? Le port de Cette s'envase journellement, et si l'on n'y porte un prompt remède, il sera complétement perdu.

Eh bien, je ne suis pas sans crainte sur la rade de Cherbourg. Vous le savez, Messieurs, les eaux que les

1. Discours prononcé dans la séance de la Chambre des députés du 9 juin 1835.

courants transportent dans les ports, y arrivent ordinairement fort troubles, fort bourbeuses. Si, par des constructions artificielles, vous amenez ces eaux à être parfaitement tranquilles, elles déposeront du sable, et le fond de la mer montera graduellement. Les anciens avaient déjà étudié cette question avec un grand soin. En parcourant dernièrement les côtes méridionales de l'Italie, des ingénieurs napolitains ont reconnu que partout où les Romains construisirent des môles à arceaux, les ports ont conservé une grande profondeur d'eau ; partout, au contraire, où les môles étaient continus, les eaux bourbeuses des courants ont déposé les sables qu'elles charriaient, et les ports n'existent plus ou sont inabordables. Je crains beaucoup, je le répète, que des effets de ce genre ne se manifestent à Cherbourg, si la digue est continue. Peut-être vaudrait-il mieux qu'elle fût tronçonnée. Je demande donc que cette question soit examinée avec le plus grand soin.

J'entends quelques personnes s'écrier : Une digue tronçonnée laissera aux vagues venant de la haute mer toute leur puissance ; je réponds que c'est une erreur. Une vague est comme une voûte : opérez une forte solution de continuité en quelques-uns de ses points et la vague entière s'abat.

Sans doute, il resterait alors dans le port une certaine agitation ; mais c'est là précisément ce que je désirerais ; je voudrais que la mer fût constamment clapoteuse ; que les eaux, troubles à leur entrée, sortissent nécessairement troubles ; j'appelle sur cet objet toute l'attention de M. le ministre de la marine ; il ne faut pas que le fruit

des énormes dépenses qu'on a faites et qu'on fait encore à Cherbourg soit un jour perdu.

J'ai déjà eu l'occasion de parler à cette tribune d'un port situé sur la Méditerranée (voir p. 619) ; j'ai fait sentir combien il serait important de s'en occuper. Ce port, le *Port-Vendre*, situé à l'extrémité d'un des diamètres du golfe de Lyon, a été récemment examiné par une commission nommée par M. l'amiral Duperré; personne ne peut maintenant douter des avantages qu'il offrira au commerce et à la marine militaire; tout le monde comprendra combien, en temps de guerre, les communications de ce port avec Alger seront plus faciles que celles de Toulon et de Marseille. Mes anciennes observations furent favorablement accueillies par M. l'amiral de Rigny; il voulut bien déclarer que le Port-Vendre avait une grande importance, et qu'il hâterait de tous ses efforts le moment où l'administration s'en occuperait activement. (M. de Rigny fait un signe d'adhésion.) Eh bien, Messieurs, à cette époque on ne croyait pas que le Port-Vendre pût recevoir des vaisseaux de ligne; cette possibilité est aujourd'hui établie sur des preuves irrécusables. Des travaux qui ne seront ni d'une grande difficulté ni d'une dépense qui doive effrayer, nous doteront d'un second port militaire dans la Méditerranée.

Je prie donc M. le ministre de la marine de vouloir bien au plus tôt, je veux dire l'année prochaine, faire figurer le Port-Vendre parmi les travaux hydrauliques qui s'exécutent sur les fonds de son budget. Je le prie aussi de ne pas perdre de vue la commission dont je sollicite la formation, et qui aurait pour mission d'examiner

définitivement si la rade de Cherbourg peut être fermée par une digue continue, sans qu'il en résulte des envasements rapides.

[Après la réponse de M. Tupinier, commissaire du roi, M. Arago a ajouté : ]

Dois-je répéter, Messieurs, que c'est avec l'assentiment du conseil des ponts et chaussées et contre l'avis d'un ingénieur qui était sur les lieux, qu'ont été exécutés les travaux du port de Cette? Je n'entends pas induire de là qu'il faille en toute circonstance se méfier des avis de ce conseil pour lequel je professe la plus grande estime; mais les travaux hydrauliques, ceux surtout qu'on exécute dans les ports, exigent une expérience et des connaissances dont des ingénieurs, fort habiles d'ailleurs à d'autres égards, peuvent être dépourvus. J'ose donc prier M. le ministre de la marine de bien peser les observations que j'ai eu l'honneur de lui soumettre. Il n'y aurait aucune honte à revenir sur d'anciennes décisions; ce n'est que depuis quelque temps, en effet, qu'on a senti combien il est important de laisser aux eaux dans les ports une certaine agitation ; il y a là, pour Cherbourg, j'ose l'affirmer, matière à un examen très-sérieux.

## X

### AMÉLIORATION DU PORT D'ALGER

[Dans la séance du 27 mai 1842, M. Arago a prononcé le discours suivant : ]

Messieurs, le port d'Alger était extrêmement mauvais lorsque j'avais le malheur d'être embarqué sur des bâti-

ments algériens, en 1808 et 1809. (Exclamation aux centres.) C'est un malheur dont je n'ai pas à rougir, je remplissais une mission que le gouvernement français m'avait confiée, lorsque je tombai dans les mains des Algériens. Le port d'Alger était alors très-mauvais. Il y avait par certains vents un ressac considérable vivement qualifié par un dicton africain qui ne s'est jamais effacé de ma mémoire. (Bruit.) Toutes les fois que le vent du nord, le vent venant de Mayorque commençait à souffler, les Algériens s'écriaient : « Voilà le *charpentier mayorcain* qui va travailler. » Effectivement, les bâtiments du port, jetés les uns sur les autres, étaient mis en pièces.

Depuis les travaux de M. Poirel, depuis que la digue a été un peu prolongée par les moyens extrêmement ingénieux que la Chambre connaît, les résultats ont été très-favorables.

Je ne m'en fie pas à mes lumières personnelles pour décider quelle sera dans l'avenir la valeur du port d'Alger. On a cité tout à l'heure, et avec beaucoup de raison, l'opinion d'un de nos collègues actuellement absent, de M. Le Ray ; je puis m'étayer, moi, d'une opinion qui n'est pas au-dessous de celle de M. Le Ray, de l'opinion de M. le capitaine de vaisseau que l'administration a chargé de la carte hydrographique de la côte d'Afrique, de l'opinion de M. le capitaine de vaisseau Bérard, de celui-là même enfin, auquel M. le ministre de la marine vient de donner le commandement de la station de la Nouvelle-Zélande. M. le capitaine Bérard m'a formellement autorisé à déclarer, ayant eu l'occasion d'entrer dans le port d'Alger et d'en sortir par tous les temps possibles, que la largeur

de 200 mètres, conservée au musoir par M. Poirel, est complétement suffisante.

M. le ministre des finances disait tout à l'heure que cette entrée de 200 mètres mettrait les navires qui voudraient entrer à Alger dans l'obligation de longer la côte de trop près ; cela n'est pas exact : j'en appelle au meilleur juge en pareille matière, à l'officier qui a fait la carte de l'Algérie. L'entrée projetée est parfaitement suffisante, et, quand on sort du port, il est facile de doubler le cap Caxine par une seule bordée.

Jetons un coup d'œil sur des ports célèbres. Quelle est l'entrée du port de Marseille? 100 mètres. Des rochers la réduisent considérablement. Quelle est l'entrée du port du Havre? Une cinquantaine de mètres. Quelle est l'entrée du port Mahon, ce port si célèbre? 300 mètres, avec notable réduction par des roches.

Comment, en présence de tous ces chiffres, pourrait-on soutenir que 200 mètres ne suffiront pas à Alger?

Messieurs, on a parlé de rade. Il n'y a qu'à regarder un atlas pour voir que ni le projet Raffeneau ni le projet Bernard ne procureront de rades proprement dites.

Une rade, c'est un espace immense.

Le projet Raffeneau donnerait au port d'Alger une étendue de 34 hectares ; le projet Bernard de 18 hectares.

La surface de la rade de Cherbourg est de 500 hectares; celle de la rade de Toulon de plusieurs milliers d'hectares. Voilà des rades véritables; à Alger, vous n'aurez jamais rien de pareil.

Messieurs, il y a entre les trois projets des différences immenses, mais elles tiennent seulement à la profondeur

de la mer dans les points où l'on se propose de travailler. Cette profondeur, pour peu qu'on s'écarte de la direction tracée par M. Poirel, devient très-grande, et l'on se trouve tout à fait en dehors du cadre des travaux exécutés jusqu'ici.

Dans le projet Poirel, la profondeur de l'eau, au musoir, serait de 20 mètres; le long de la jetée de 15 à 17. C'est déjà énorme, et si M. Poirel n'avait pas employé des procédés de fondation par blocs en béton extrêmement ingénieux, de son invention, et pour lesquels l'Académie des sciences, sur un rapport de M. Coriolis, lui a rendu pleine justice, il n'aurait pas réussi.

Dans le projet Bernard, vous avez des profondeurs de 20, de 23 et probablement de 30 mètres. Le projet de M. Raffeneau vous offrira, dans la longueur de la jetée, 22, 27 et 33 mètres. Vous voilà dans l'inconnu; vous allez désormais tenter des aventures.

Il y a une considération dont la chambre ne fait jamais abstraction, c'est celle de la dépense. M. Bernard, au mérite duquel tout le monde rend hommage, a bien senti que, si l'on voulait faire sa jetée économiquement, on serait obligé d'employer des pierres de petit échantillon. Ce noyau, on le revêtirait ensuite de gros blocs, d'après le procédé de M. Poirel. Mais ne serait-il pas possible qu'avant l'opération du revêtement, le noyau fût enlevé, et toutes les pierres dispersées dans le port et dans la rade? (Dénégations au banc des ministres.) Les dénégations qui m'arrivent du banc des ministres m'imposent le devoir de montrer que mes préoccupations ne sont pas sans fondement.

La plupart des ingénieurs croient, je le reconnais, que la mer n'est jamais agitée à une grande profondeur. L'expérience de Saint-Jean-de-Luz aurait dû cependant les détromper. J'affirme, en tous cas, que la mer est agitée, que même elle éprouve de grands déplacements à des profondeurs énormes.

Les courants n'étaient jusqu'ici, aux yeux des navigateurs, que des rivières superficielles. Il y avait dans cette opinion une immense erreur. En discutant les observations recueillies pendant le voyage de *la Vénus*, sous le commandement de M. Dupetit-Thouars, nous avons reconnu, M. de Tessan et moi, que, sur la côte du Chili, la mer tout entière, la mer jusqu'aux plus grandes profondeurs, s'avance majestueusement du midi au nord.

La Méditerranée a des courants du même genre. Je vais le prouver par un fait.

Nous étions sous Louis XIV en guerre avec la Hollande. (Interruption au centre.) Je ne comprends pas l'interruption. Je me propose de prouver que M. Bernard, malgré son talent, malgré son mérite reconnu de tout le monde, a pu se tromper essentiellement dans les évaluations d'après lesquelles il a peut-être entraîné l'opinion du conseil d'amirauté. Je veux prouver que le projet de fonder la digue sur de petites pierres peut être extrêmement dangereux; que la mer pousse quelquefois devant elle des corps d'un poids énorme qui reposent sur son fond; je m'appuierai sur un fait que j'ai trouvé dans un des plus anciens volumes des *Transactions philosophiques* de la Société royale de Londres.

Je reprends : nous étions en guerre avec la Hollande.

Un corsaire, sorti de Marseille, poursuivait un bâtiment hollandais chargé d'huile, et qui marchait, toutes voiles dehors, vers Tanger. Le corsaire atteignit le bâtiment, brisa sa poupe et le coula à fond. Le corsaire ayant eu des avaries, marcha à l'ouest et entra à Tanger pour se radouber. Remarquons ceci, Messieurs : la prise coulée lui arriva un jour après. Un courant sous-marin l'avait portée de l'est à l'ouest jusqu'à Tanger.

Je pourrais citer bien d'autres preuves à l'appui de mon opinion; mais je m'en abstiendrai, puisque la chambre est fatiguée et impatiente.

J'ajouterai une seule remarque : quand on a comparé, sous le rapport de la grandeur, le port de M. Poirel au port de ses concurrents, on n'a tenu compte que de l'étendue superficielle géodésique; en comparant deux ports, il faut cependant donner une grande attention à l'état de la mer. Si la mer est tranquille, comme à Marseille, les bâtiments peuvent se toucher sans inconvénient; si la mer est agitée, il est évident que l'on doit les espacer.

Eh bien, Messieurs, si l'ouverture du port d'Alger n'est que de 200 mètres, comme le veut M. Poirel, l'étendue sera suffisante d'après les calculs de l'homme le plus compétent sur cette question, de M. le capitaine Bérard; vous aurez dans le port une mer tranquille; donnez à l'ouverture des largeurs de 400 ou de 600 mètres, et comptez, comme disent les Algériens, que le charpentier mayorcain se montrera. Malgré une étendue superficielle en apparence plus considérable, vous aurez en réalité une étendue utile beaucoup moindre.

Si la Chambre était appelée à voter, je n'hésiterais pas un instant, d'après toutes ces considérations, à demander la continuation du travail de M. Poirel.

## XI

### ORGANISATION DU CORPS DES INGÉNIEURS HYDROGRAPHES [1].

Messieurs, parmi les corps entretenus par l'Etat, il en est un qui a pris pour devise la contre-partie d'un adage vulgaire ; il fait, lui, *beaucoup de besogne et très-peu de bruit.* Le corps dont je veux parler est celui des ingénieurs hydrographes; et cependant à son occasion, il y a dans le rapport de la commission du budjet un passage qui me paraît devoir frapper de découragement toutes les personnes dont il est composé.

Je demande à la Chambre la permission de lui en donner lecture.

« Votre commission a dû voter le crédit sans hésiter; mais elle s'est préoccupée de la question de savoir si, après l'achèvement de la reconnaissance hydrographique des côtes de France, la marine devrait entretenir, au dépôt des cartes et plans, un personnel aussi nombreux que celui qui vous est aujourd'hui proposé.

« Elle considère que, dès à présent, nul accroissement de ce personnel ne serait admissible, le dépôt pouvant s'aider, et s'aidant en effet avec succès, de la capacité spéciale de ceux des officiers de la marine qui se sont

1. Discours prononcé dans la séance de la Chambre des députés du 5 juin 1837.

adonnés plus particulièrement à la levée des cartes et des plans.

« Elle s'étonne que l'organisation du corps des ingénieurs hydrographes soit telle, que le dernier élève doive, avec l'aide du temps, arriver infailliblement à l'emploi d'ingénieur en chef. »

Vous le voyez, Messieurs, d'aprés le sens littéral de ce passage, aussitôt que la carte des côtes de France sera terminée, le corps des ingénieurs-hydrographes devra être réduit. Je ne veux pas m'arrêter à une pensée pénible; la commission n'a pas pu vouloir dire que la réduction qu'elle suggère s'opérerait par voie de congé, elle a entendu sans doute qu'il faudrait attendre l'effet des extinctions naturelles.

M. le Rapporteur. Sans doute.

M. Arago. Eh bien, je dis, moi, que les nécessités du service ne doivent pas conduire à ce résultat ; et j'ajoute que la phrase du rapport, contre laquelle je réclame, aura pour conséquence nécessaire de faire abandonner ce corps par les personnes les plus capables; je dis qu'elle portera le découragement dans l'esprit de toutes celles qui le composent.

Voyons, au surplus, quel est l'effectif du corps des ingénieurs-hydrographes; il doit être bien nombreux, puisqu'on en propose la réduction. Voyons s'il est inutile aujourd'hui ou s'il le deviendra dans la suite.

Il y a en France vingt ingénieurs hydrographes ou élèves. Dans ce nombre figurent un ingénieur en chef et un ingénieur en chef-adjoint. Je les nommerai; car ce sont des notabilités dans la marine et dans le monde

entier ; l'ingénieur en chef est M. Beautemps-Beaupré ; l'ingénieur-adjoint, M. Daussy. Vous avez ensuite quatre ingénieurs de première classe, quatre de seconde, six de troisième, deux sous-ingénieurs et deux élèves, au total vingt personnes ; c'est donc sur vingt personnes qu'on fait planer une menace de réduction qui n'est vraiment justifiable à aucun titre.

Vous avez maintenant le personnel sous les yeux ; faisons un pas de plus, et voyons à quelle dépense annuelle il donne lieu. Cette dépense est de 67,000 fr. L'ingénieur en chef, M. Beautemps-Beaupré, reçoit 7,000 fr. ; l'ingénieur adjoint, 5,000 fr. ; les ingénieurs de 1re classe, ont 4,500 fr. ; les ingénieurs de 2e classe, 3,500 fr. ; les ingénieurs de 3e classe, 2,500 fr. ; les sous-ingénieurs, 2,000 fr. ; les élèves, 1,500 fr. ; vous le voyez, les ingénieurs-hydrographes ne sont pas richement rétribués.

Examinons maintenant si les ingénieurs-hydrographes sont inactifs ; car s'ils n'avaient rien à faire, malgré le peu qu'ils coûtent, on devrait les supprimer. Eh bien, en peu d'années ils ont publié, non pas comme compilations, mais comme résultat de leurs propres travaux, quatre-vingt-dix-neuf grandes cartes, cent soixante-douze vues de côtes prises sur les dangers, quatre-vingt-onze tableaux d'observations des marées. Tous ces travaux sont exécutés avec une précision extrême et par des méthodes nouvelles. Je ne crois pas que, parmi les corps les plus privilégiés, aucun puisse présenter de meilleurs titres à la reconnaissance publique.

On a dit que les ingénieurs hydrographes n'auront plus rien à faire aussitôt que les cartes qu'ils exécutent en

ce moment, les cartes de nos côtes occidentales seront terminées; il paraîtrait, en effet, que d'après l'activité qu'on y apporte, cet ouvrage sera fini dans deux ans. Mais M. le rapporteur de la commission sait aussi bien que moi que les travaux hydrographiques sont la toile de Pénélope, que c'est toujours à recommencer. Sans doute les gisements des caps, des rochers, des écueils, resteront toujours les mêmes; mais n'y a-t-il pas des bancs de sable continuellement changeants? Ainsi le cours de l'Adour et son embouchure, le cours de la Gironde et son embouchure, l'embouchure de la Seine, nos côtes depuis Fécamp jusqu'à Dunkerque, auront besoin d'être sondées d'année en année. Veuillez considérer, Messieurs, que dans l'état présent des choses, l'administration est souvent amenée à entreprendre certains travaux hydrauliques sans avoir recueilli sur leur utilité des données suffisantes. Supposez, par exemple, qu'un ingénieur-hydrographe eût étudié l'effet des courants et des tempêtes autour du port de Cette et à l'embouchure de la Somme, croyez-vous que l'administration des ponts et chaussées serait alors tombée dans les fautes que tout le monde lui reproche? Assurément non. Il serait utile, très-utile de faire toujours précéder les travaux exécutés dans nos ports, des recherches auxquelles la vieille expérience des ingénieurs-hydrographes les rend éminemment propres.

Ainsi, Messieurs, quand on a parlé du très-court intervalle dans lequel serait terminé le travail de la carte de France, on s'est fait illusion, puisque je viens de signaler la nécessité d'en reprendre certaines parties en sous-œuvre, presque chaque année; n'est-il pas étrange, au

surplus, qu'on ait oublié la Méditerranée? est-ce, par hasard, que sur cette mer des cartes hydrographiques seraient inutiles?

Permettez, Messieurs, que j'ajoute que les ingénieurs-hydrographes ne sont pas seulement chargés du levé de nos côtes. Leur mission, aussi, est de pourvoir la marine de cartes générales, qui soient à la hauteur des connaissances. Les cartes, qui mieux que nos ingénieurs pourrait les rédiger? ne confiez jamais un pareil travail à ces dessinateurs qui, de leur propre autorité, s'intitulent géographes, car ils ne savent pas faire un choix éclairé entre les différentes observations qu'on leur fournit; ceux-là seulement qui ont observé en mer peuvent ne pas s'égarer dans le dédale presque inextricable de chiffres au milieu duquel un géographe est obligé d'opérer. Quand nos ingénieurs seront déchargés, en partie du moins, des observations pénibles qu'ils font actuellement à la mer, pendant cinq ou six mois consécutifs; quand ils pourront travailler toute l'année au dépôt de la marine, ils publieront un plus grand nombre de cartes générales à l'usage des bâtiments de guerre et du commerce. Aujourd'hui, ces publications sont très-arriérées et laissent beaucoup à désirer. Il faut les amener au niveau des connaissances actuelles.

J'ai parlé seulement, jusqu'ici, des travaux exécutés sur nos côtes et que tout le monde connaît. Traversons les mers, et partout nous rencontrerons encore des ingénieurs hydrographes se signalant par leur zèle et par leur habileté.

Quand l'amiral Roussin exécutait ses belles cartes

hydrographiques du Brésil, son excellent travail sur la côte occidentale d'Afrique, il avait pour collaborateur un hydrographe, M. Givry, qui lui était du plus grand secours.

Ces jours derniers, il a été longuement question ici de la Martinique et de son sucre; eh bien, l'autorité aussi s'est occupée du commerce de cette île, car elle en a fait dresser la carte hydrographique; ce travail plein de mérite est l'œuvre de deux ingénieurs hydrographes, MM. Mounier et Bourguignon-Duperré.

*La Bonite*, qui est récemment partie pour un très-grand voyage, compte dans son état-major un ingénieur hydrographe dont les travaux, j'en ai la conviction profonde, ne resteront pas en arrière de ceux de ses devanciers. Naguère, je le dis avec une vive satisfaction, la marine a fait faire avec une rare perfection la carte hydrographique de toute la côte de l'Algérie; le bâtiment consacré à cette grande opération était commandé par M. Bérard. Un ingénieur hydrographe, M. de Tessan, le même qui vient de s'embarquer avec le capitaine Dupetit-Thouars, le secondait. Au besoin, je trouverais encore les ingénieurs hydrographes avec M. Barral, dans le Rio de la Plata; avec M. Vanhello, travaillant à la grande carte des atterrages de nos côtes. Je pourrai enfin vous les montrer faisant face partout aux justes exigences de notre marine militaire et marchande.

Il doit donc m'être permis de regretter que, contre la véritable pensée de la commission et de son organe, il se soit glissé dans le rapport une phrase qui, si elle n'était expliquée, porterait le découragement dans un corps qui

est digne de toute l'estime du gouvernement, de la Chambre et du pays.

Messieurs, je viens de rendre, autant que cela dépendait de moi, un hommage sincère aux travaux des ingénieurs hydrographes. Si cela était nécessaire, je pourrais fortifier tout ce que j'ai articulé, par l'opinion des étrangers. Il est bien rare, dans l'état actuel du monde, qu'un pays puisse, en quoi que ce soit, dire sans hésiter qu'il est au premier rang. Prétendez-vous à ce privilége en chimie, vos adversaires citeront un savant Suédois; parlez-vous de mathématiques, on vous oppose des noms allemands, et ainsi de suite pour chaque branche des connaissances humaines.

Eh bien, ce premier rang si envié, si contesté, vous pouvez vous l'attribuer hardiment en hydrographie; les étrangers eux-mêmes vous l'accordent.

J'ai reçu naguère du chef si distingué du bureau hydrographique de l'amirauté anglaise, de M. le capitaine Beaufort une lettre dans laquelle il proclame hautement que les travaux hydrographiques exécutés, sous la direction de M. Beautemps-Beaupré, par le corps des ingénieurs hydrographes sont les plus parfaits qu'on connaisse; M. Beaufort ajoute que tous les hydrographes du monde sont maintenant *les élèves*, je rapporte ses propres expressions, les élèves des hydrographes français.

Je me suis flatté, Messieurs, qu'en vous entretenant d'un corps distingué, composé de vingt individus, et qui ne figure d'ailleurs au budget que pour la somme si minime de 67,000 francs; d'un corps qui s'est déjà rendu si utile, et qui pourra encore l'être davantage si

on sait l'occuper convenablement; j'ai pensé, qu'en le défendant devant vous quand il se croyait, quand il devait se croire menacé, la Chambre ne trouverait pas mes réclamations inopportunes. (Très-bien! très-bien!)

A la tête du corps des ingénieurs hydrographes, figurent aujourd'hui quatre ou cinq personnes qui ont conquis cette position élevée par une longue expérience, par des voyages de long cours, par des études profondes. Le reste du corps se compose d'élèves sortis de l'École polytechnique. Le passage du rapport contre lequel j'ai réclamé, auquel on a attribué, je me plais à le croire, un sens qu'il n'avait pas, a produit un fâcheux effet dans une certaine classe d'élèves de la marine. J'appelle l'attention de M. le ministre de la marine sur ce fait qui me paraît très-grave.

Vous avez décidé, Messieurs, que tous les ans quatre élèves de l'École polytechnique pourraient entrer dans la marine. Ceux qui choisissent cette carrière sont souvent au premier rang dans les listes générales du mérite; leur zèle ne saurait être mis en doute; leur instruction est peut-être plus étendue, sous le rapport scientifique, que la marine ne l'exige. Mais, en ce genre, ce qui abonde ne vicie pas; les services qu'ils rendent ne sont pas contestés, et cependant on les traite plus déforablement que s'ils étaient entrés dans l'artillerie ou dans le génie. Dans ces deux armes, après deux ans d'études à l'École d'application de Metz et l'examen de capacité qui les termine, un élève est de droit lieutenant en second; dans la marine, il faudrait, pour l'égalité d'avantages, qu'après deux ans de navigation et l'examen de capacité, l'élève

de première classe sortant de l'École polytechnique fût, de droit, enseigne de vaisseau. Cela se pratiquait ainsi jadis ; maintenant on a changé.

M. Le Ray. Je prie l'honorable orateur de me permettre une observation. Les élèves sortant de l'École polytechnique au moment où ils sont élèves de première classe sont faits lieutenants ; ils ne sont pas plus maltraités que les élèves sortant de l'École d'application de Metz.

M. Arago. Jusqu'ici, je le répète, les élèves de l'École polytechnique, après deux ans de navigation et un examen de capacité, recevaient immédiatement le titre d'enseigne de vaisseau ; dans la dernière promotion on les a traités plus défavorablement.

M. le Ministre de la marine. Il y a eu trop-plein.

M. Arago. Je l'accorde ; mais les rangs ont été intervertis ; des élèves de l'École polytechnique sont restés élèves, tandis que des candidats plus jeunes qu'eux ont été élevés au grade d'enseigne.

M. le Ministre de la marine. Il n'y a pas eu la moindre injustice, je puis le certifier ; tous ont été placés à leur rang. Il n'y a pas eu d'injustice, je le répète.

M. Arago. Je suis bien aise d'entendre cette déclaration de M. le ministre. Il en résulte que si l'injustice que je signale est réelle, comme j'ai tout lieu de le croire, elle a été le résultat d'une erreur et qu'elle sera réparée.

M. le Ministre de la marine. Il y a un trop grand nombre d'élèves pour remplacer les vacances dans le càdre des officiers. Cela provient de ce que pendant quelque temps on a pris à l'École navale au delà du nombre nécessaire. Maintenant on n'admet plus que ce qu'on doit supposer nécessaire à remplacer les extinctions. Depuis quatre ans on n'a admis que quarante-cinq à cinquante jeunes gens à l'École navale de Brest, et c'est à peu près ce qui entre dans le corps des officiers. Et lorsque ce que j'appellerai le

trop-plein sera sorti, je puis assurer que les élèves arriveront au bout de trois ans au grade d'enseigne de vaisseau.

M. Arago. Je me répète : en voyant pour la première fois que, après deux ans de navigation et un examen de capacité, ils n'étaient plus admis de droit au grade d'enseigne de vaisseau, les élèves de la marine, anciens élèves de l'École polytechnique, s'étaient abandonnés à un découragement qui disparaîtra, j'espère, après les explications et les promesses de M. le ministre.

## XII

### SUR L'ANTIPATHIE CONTRE LA SCIENCE D'UNE PARTIE DE L'ADMINISTRATION DE LA MARINE [1]

Il y a dans l'administration de la marine (remarquez, Messieurs, que je ne dis pas chez les ministres), une antipathie contre la partie savante du service nautique qui est vraiment inexplicable.

Je pourrais ajouter que cette antipathie est une ingratitude. Que seriez-vous donc sans ce que les sciences ont produit? La forme de vos instruments, c'est la science qui vous l'a donnée; les admirables bâtiments avec lesquels on peut faire à bord d'un navire, au plus fort de la tempête, des observations presque aussi exactes que si l'on était à terre sur un sol immobile, à qui les devez-vous? Si vous garantissez vos bâtiments des ravages du tonnerre; si, aujourd'hui, vous conservez l'eau pure dans les voyages de long cours; si vous emportez des aliments

1. Discours prononcé dans la séance de la Chambre des députés du 5 juin 1837.

sains, délicats, pour vos tables, et, ce qui est plus important, pour vos malades, à qui en êtes-vous redevables? Et les bateaux à vapeur, cette merveilleuse invention, destinée à changer toutes les relations maritimes, et qui nous rendra si puissants si nous savons en tirer parti, à qui le devez-vous? Il faut bien vous résigner à l'entendre, vous les devez exclusivement aux hommes de science.

J'ai dit, Messieurs, que l'administration de la marine montrait une antipathie incroyable contre les services scientifiques de l'art naval. L'accusation est grave, je pense devoir la justifier par quelques faits.

J'ai entendu de mes oreilles M. le ministre de la marine (ce n'est ni l'amiral Rosamel ni son honorable prédécesseur) dire, dans une occasion solennelle : « La marine est empestée de science! » et cela, quoiqu'il fût lui-même une preuve éclatante du contraire. (On rit.)

La Chambre s'est occupée avec une sollicitude dont la France et l'Europe entière lui ont rendu grâce, du sort du malheureux Blosseville. Ce n'est pas dans les mers polaires que cet excellent officier avait débuté. Fort jeune, il avait fait un voyage autour du monde; plus tard, il s'était embarqué pour l'Inde sur la corvette *le Loiret.* Dans le cours de ce dernier voyage, après avoir satisfait chaque jour avec une exactitude scrupuleuse à tous les devoirs de sa position, au lieu de rester inactif, au lieu de fumer sa pipe, au lieu de jouer aux échecs ou aux dames, il se livrait avec ardeur à des recherches nautiques ou météorologiques, à des recherches de physique générale et même d'histoire naturelle. Les médecins ou

pharmaciens du bord, des timoniers, de simples matelots, s'associèrent à ce travail. Le candide jeune homme revint en France, tout glorieux de la riche moisson qu'il avait faite. A la marine on n'en fit aucun cas : on ne l'invita même pas à la déposer aux archives. Loin de là, on porta la franchise jusqu'à lui dire : « Vous êtes perdu si vous continuez vos observations; voulez-vous avancer, faites oublier votre voyage du *Loiret.* »

Blosseville me confia les registres de son voyage de l'Inde, lorsqu'il partit pour la déplorable expédition du Nord, mais à la condition expresse (de laquelle son avancement semblait dépendre) que je ne les ferais connaître que dans le cas où il lui arriverait malheur. Si je peux les publier, le monde savant appréciera tout ce qu'il y avait d'avenir dans cet excellent officier.

Blosseville suivit le conseil qu'on lui avait donné; il alla à Toulon, et cette fois il ne fit pas la plus légère observation scientifique. Cela commença à le réhabiliter. (Mouvement.)

Plus tard, Blosseville partit pour la Grèce; là, le désir de se rendre utile l'emporta sur la prudence. Il descendit dans quelques îles sur plusieurs points de l'Asie Mineure, et y détermina, en cachette, les divers éléments du magnétisme terrestre. Les documents obtenus ne furent point communiqués à la marine; j'en suis le dépositaire.

Je regrette d'être amené à divulguer de si tristes choses; mais il faut bien les faire connaître pour que l'opinion publique puisse les frapper de sa réprobation. N'est-il pas étrange, en vérité, que certaines personnes soient arrivées à croire qu'on n'est plus en état de jouer

un rôle convenable dans les batailles dès qu'on s'est occupé de science? Eh! Messieurs, les anciens travaux hydrographiques de M. l'amiral Roussin l'empêchèrent-ils donc de forcer l'entrée du Tage? (Très-bien! très-bien!)

Si on le désire, j'envisagerai la question par une autre face. Demandez à la marine de citer les expéditions dans lesquelles l'intervention des savants a été nuisible. Qui saurait, en ce moment, qu'il existe un bâtiment de l'État qui, sous le nom de *Bonite*, fait un voyage de circumnavigation, si l'Académie des sciences ne lui avait donné des instructions, si elle ne lui avait tracé un cadre de recherches?

N'est-il pas d'ailleurs arrivé souvent que l'administration de la marine a organisé ses expéditions d'après ses propres idées, sans aucune intervention des corps académiques? A-t-on fait alors des merveilles? Tout le contraire; ces expéditions n'ont produit que de très-minces, de très-insignifiants sésultats.

Voyez, par exemple, le voyage de *la Favorite* par le capitaine Laplace, ce voyage est certainement très-amusant, très-curieux; mais quant aux renseignements nautiques, on n'y trouve presque rien. J'ai parcouru avec le plus grand soin les quatre volumes dont il se compose, et je n'y ai pas aperçu une seule observation sur la température de la mer; et cependant la température de la mer n'est pas seulement une donnée scientifique, elle intéresse au plus haut degré la navigation. C'est par des observations de la température de la mer que l'on résoudra tôt ou tard le problème, jusqu'ici inextricable, des courants; c'est

par là qu'on arrivera à savoir d'où ils partent et où ils vont.

De tous les instruments nautiques, celui qui rend les plus grands services est certainement la boussole; mais la boussole n'est guère employée aujourd'hui que pour s'orienter : un jour on la verra employée dans un autre but. Il suffira d'un mot pour qu'on puisse comprendre mon idée. Une aiguille aimantée suspendue par son centre de gravité s'incline à l'horizon; cette inclinaison change avec les lieux. Les variations de l'inclinaison pourront donc servir à découvrir de combien un navire aura marché, et cela par un temps couvert, sans que les astres aient besoin d'être visibles. L'inclinaison jouera tôt ou tard un rôle important dans la navigation. Eh bien, parcourez le voyage de *la Favorite*, et vous n'y trouverez pas une seule observation de cette espèce. Cela n'a certainement pas tenu à un manque de capacité des officiers; cela vient de ce que l'expédition a été préparée à huis clos dans les bureaux de l'administration de la marine; cela vient de ce qu'elle est partie sans recevoir de l'Académie des sciences des instructions qui eussent certainement ajouté à sa renommée.

J'entends d'ici ceux qui ne peuvent nier l'exactitude de mes critiques, s'écrier que je fais de l'histoire ancienne : cela était, dira-t-on, mais cela n'est plus!

Ma réponse est toute prête : cela est aujourd'hui autant et peut-être plus que jamais. Ne vient-on pas d'envoyer deux grands bâtiments parcourir le monde? Eh bien, leur départ a été tenu secret; il ne fallait pas éveiller l'attention des savants. Le commandant d'une des deux

frégates n'a pas soufflé mot; aussi est-il parti sans emmener d'ingénieurs hydrographes : l'avenir montrera les conséquences de cette négligence. L'autre est venu me consulter; il demandait un programme. Je parlai aussitôt de l'Académie des sciences : « Ah! gardez-vous bien de la consulter, repartit-il, vous me feriez peut-être enlever mon commandement. »

L'antipathie dont je vous ai déjà si longuement entretenus se fait jour à l'occasion de tous les genres de travaux. En voici un nouvel exemple.

Vous savez qu'il arrive rarement qu'on puisse alimenter les chaudières à vapeur avec de l'eau pure; l'eau alimentaire est ordinairement séléniteuse, elle renferme du sulfate et du carbonate de chaux. L'eau pure s'évapore seule; les sels se précipitent, s'attachent à la chaudière, et forment intérieurement une enveloppe pierreuse, épaisse[1]. Ce que je viens de dire est plus vrai encore quand on se sert de l'eau de mer. En très-peu de temps c'est dans une chaudière de pierre que se fait l'évaporation, et cela avec une énorme perte de calorique; à chaque relâche, il faut y introduire un ouvrier qui, à grands coups de marteau, détache la croûte pierreuse. C'est une opération chère, pénible, et qui détruit bientôt la chaudière.

Je viens de parler de la déperdition du calorique; il y a un inconvénient plus grave encore. Quand la chaudière est revêtue d'une enveloppe pierreuse, elle rougit extérieurement; dans cet état, supposons qu'il se fasse une

1. Voir sur cette question la Notice sur les explosions des machines à vapeur, p. 173 de ce volume.

fissure dans la couche pierreuse, l'eau froide alimentaire, en tombant sur le métal incandescent, produit subitement des torrents de vapeur à l'écoulement desquels la soupape de sûreté ne saurait suffire : de là des explosions, et tous les malheurs qui en sont la conséquence inévitable. Empêcher qu'il se forme une croûte solide dans une chaudière, ce serait donc un service immense rendu à l'industrie et surtout à la navigation à vapeur. Ce problème vient d'être résolu. Dans l'intérêt de l'inventeur, la solution a un seul défaut : elle est trop simple. Le brevet qu'il a pris n'empêchera personne de se servir de sa méthode.

M. le Ministre de la marine. Je ferai observer à M. Arago que j'ai acheté ce brevet.

M. Arago. Je le sais, Monsieur le ministre, mais la transaction ne m'a pas paru satisfaisante.

Pour empêcher une croûte pierreuse de couvrir intérieurement une chaudière de machine à vapeur, il suffira désormais de mêler à l'eau de l'argile en poussière, de l'argile très-divisée. C'est en cela que consiste la découverte de M. Chaix-de-Maurice. Que lui proposait la marine? Elle consentait à acheter l'argile au prix de fabrique; en d'autres termes, elle aurait donné 25 centimes pour chaque voyage de bateau à vapeur de Toulon à Alger. Je le demande, n'était-ce pas dérisoire? Heureusement quelques personnes très-haut placées, et si je ne me trompe, le duc d'Orléans lui-même, ont porté intérêt à l'inventeur. La marine s'est amendée, elle a offert 20,000 francs une fois donnés. Je trouve, moi, que ce n'est pas assez.

M. LE MINISTRE DE LA MARINE. Il a accepté.

M. ARAGO. M. Chaix a accepté, parce que, à côté de la première proposition, celle-ci était très-favorable. Mais 20,000 francs une fois donnés pour une découverte qui influera sur toute notre industrie, je le répète, ce n'est pas suffisant. Je devine votre réponse, Monsieur le ministre; vous direz que vous n'aviez pas de fonds pour cet objet; mais n'aviez-vous la ressource d'une demande directe à la Chambre? Pour moi, j'ai la conviction qu'elle ne vous eût pas refusé les moyens de récompenser dignement une aussi utile découverte.

## XIII

### OBSERVATION DES MARÉES

[ M. Arago, dans les séances de la Chambre des députés des 5 et 9 juin 1837, s'est occupé de la manière dont étaient faites les observations des marées; les paroles qu'il a prononcées sur ce sujet sont réunies ici. ]

#### 1° *Séance du 5 juin.*

M. le rapporteur du budget déclare que les observations des marées, dont, au reste, il reconnait la nécessité, coûtent trop : quelques cadrans solaires, dit-il, et quelques mâts divisés ne sont pas si dispendieux. Il est vrai, Messieurs, qu'à une certaine époque les mâts divisés et les cadrans solaires suffisaient à l'observation des marées. Il n'en est pas ainsi aujourd'hui : la science est devenue plus exigeante; il lui faut des fractions de minutes que les cadrans solaires ne peuvent pas déterminer; il faut des montres dont la marche soit assez régulière pour don-

ner l'heure de l'observation avec exactitude, quand le soleil ne se montre pas, et vous savez combien cela arrive souvent dans plusieurs de nos ports, et surtout à Brest.

J'arrive à faire des remarques analogues relativement aux mâts divisés. Sans doute, si la surface de l'eau était constamment tranquille, sa hauteur pourrait, à chaque instant, être facilement déterminée; mais la mer est souvent très-agitée, on est alors obligé de procéder par voie de moyennes, ce qui n'est ni commode ni exact; et le ministère de la marine a l'intention de faire faire à l'avenir les observations dont il s'agit avec des machines ingénieuses d'une invention récente, et qui d'elles-mêmes enregistreront les hauteurs successives du niveau de l'eau.

Je termine par une autre considération bien propre à faire voir combien l'emploi de ces nouvelles machines est désirable. Là où des observations de marées ont été instituées, les observations de jour sont faites assidument; celles de nuit, au contraire, manquent; cependant la science en aurait le plus grand besoin. Eh bien, il ne faut pas mettre aux prises, la nuit et par un très-mauvais temps, la paresse et le devoir, car la paresse l'emporterait, et l'on aurait des observations supposées, fabriquées; la machine coupera court à cette grave difficulté.

### 2° *Séance du 9 juin.*

Je présenterai à la Chambre quelques observations succinctes sur les travaux scientifiques importants qui pourraient être exécutés par divers employés de la

marine. Le corps enseignant maritime renferme cinq professeurs d'hydrographie de première classe, cinq de deuxième, six de troisième, vingt-huit de quatrième. Ces professeurs, je crois, ne sont pas aussi activement occupés qu'on pourrait l'imaginer; je viens donc proposer à M. le ministre de la marine de vouloir bien les charger d'un travail qui leur ferait honneur et pourrait être d'une grande utilité, je veux parler de l'observation des marées. On ne fait aujourd'hui ces observations d'une manière régulière qu'à Brest. Il serait très-utile qu'on les suivît dans un plus grand nombre de ports; vous procureriez ainsi aux navigateurs des données importantes sur l'heure de l'*établissement*, et vous fourniriez au géomètre et au physicien des éléments d'un grand intérêt et féconds en curieux résultats. Il est d'ailleurs une circonstance du moment qui me fait vivement désirer que M. le ministre de la marine prenne en grande considération l'observation que j'ai l'honneur de lui faire : nos voisins, les Anglais, s'occupent maintenant de ces observations des marées avec un soin, une suite, une exactitude, dignes des plus grands éloges. J'ai dans la main deux lettres, l'une de M. Whewhel, de Cambridge, l'autre de M. Lubbock, de Londres, par lesquelles j'apprends que l'amirauté a ordonné que des observations fussent faites dans cinq cents points des îles britanniques. Ces observations, comparées avec celles des côtes de France, conduiraient à des résultats également utiles à la marine et aux sciences spéculatives.

M. LE MINISTRE DE LA MARINE. **Je ferai observer à M. Arago que les Français contribuent à ce travail.**

M. Arago. Je connais la nature de la demande qui vous a été adressée récemment. Il n'était question que d'observations simultanées faites à certains jours choisis; tandis que je réclame des observations continues, permanentes.

M. le ministre de la marine. On les fait sur un très-grand nombre de points. Je réponds à l'orateur que je m'occuperai de donner suite à son idée. Je ne lui garantis pas de quelle manière je le ferai.

## XIV

### RIDAGE DES MATS

[Le 24 mai 1836, M. Arago a signalé les avantages du système de ridage des mâts à crémaillère, imaginé par M. Painchaut, dans le discours suivant :]

Les mâts des navires sont maintenus dans la position verticale sur les bâtiments à l'aide de cordages dont le point d'attache est sur le bord. On se sert, pour les mettre dans cette position, d'une machine qui est encore dans l'enfance de l'art, et qu'on appelle *cap de mouton.*

Un artiste français a imaginé un procédé à l'aide duquel on peut tendre les cordages, quand les effets hygrométriques ou le vent les ont détendus, plus commodément que par l'ancienne méthode. Avec un beaucoup moins grand nombre de matelots, et dans des circonstances beaucoup plus difficiles, on arrive à rider le mât. M. le ministre de la marine a donné toute son attention à ce procédé, il l'a fait examiner avec soin, et tous les rapports ont été favorables. Par suite, M. le ministre de la marine a conclu un marché avec l'inventeur, M. Painchaut; mais on est convenu qu'on commanderait

ce nouveau moyen de ridage, beaucoup supérieur à l'ancien, de manière que le maximum de la dépense de chaque année fût de 60,000 fr.

Je demanderai à M. le ministre de vouloir bien nous dire pourquoi, malgré l'opinion favorable qu'il a de ce procédé, on commande cependant d'anciennes mécaniques; pourquoi dans les bâtiments neufs, on ne se sert pas exclusivement du système de ridage qu'a imaginé M. Painchaut.

Ce procédé a surtout une propriété dont la Chambre comprendra l'importance au premier mot.

Dans le système ancien, on était obligé d'éloigner les canons des caps de mouton, parce que le feu pouvait y prendre. Le mécanisme nouveau étant en métal, on n'a plus à craindre ce danger. Il est beaucoup plus commode, d'une manœuvre plus facile, et de plus, si vous comptez, non pas les frais de premier établissement, mais si vous comparez ce que coûte le ridage par l'ancienne méthode, avec ce qu'il coûte par la méthode nouvelle, vous trouverez une économie énorme.

Ainsi, je constate dans les résultats qui nous ont été soumis, qu'au bout de vingt ans la dépense de ridage pour une frégate de troisième rang est de 98,000 fr., par l'ancienne méthode; tandis que par la nouvelle méthode, cette dépense n'est évaluée qu'à 25,000 fr. Vous voyez que sur une frégate, il y a une économie de 72,000 fr. dans un espace de vingt ans. Je le répète, M. le ministre a donné toute son attention à ce perfectionnement; mais il est extraordinaire que, malgré tous les avantages qu'il a reconnus au système du ridage à

crémaillère, on exécute encore dans nos ports des bâtiments neufs auxquels on applique l'ancienne méthode, qui véritablement appartient à l'enfance de l'art.

Voici ce que disait du système de ridage de M. Painchaut, M. le ministre de la marine lui-même : « Si à ces avantages (ceux d'une manœuvre plus facile) se joint celui de l'économie, il ne faudrait pas balancer à l'étendre immédiatement à tous les vaisseaux. » Puisque la question d'économie est aujourd'hui résolue, pourquoi persiste-t-on à employer l'ancien système? Je ne m'oppose pas à ce qu'on fasse des essais pour chercher à perfectionner le système de M. Painchaut, mais je ne comprends pas que quand on a à choisir entre un système reconnu mauvais et un autre reconnu meilleur, on ne choisisse pas le dernier en attendant d'autres améliorations. Il est de mauvaise administration de continuer à fabriquer des caps de mouton dont l'infériorité par rapport aux crémaillères est manifeste.

## XV

### EMPLOI SIMULTANÉ DES VOILES ET DE LA VAPEUR [1]

Je demanderai à M. le ministre de la marine s'il a l'intention de faire répéter l'expérience que M. le capitaine de corvette Béchameil vient de terminer?

Vous savez, Messieurs, que, dans l'état actuel des machines à vapeur, un bâtiment à vapeur ne peut pas entreprendre de très-longs voyages, à moins qu'il ne

1. Paroles prononcées dans la séance de la Chambre des députés du 18 juillet 1839.

trouve sur sa route les moyens de renouveler son charbon. Le plus grand voyage qu'on eût réalisé jusqu'ici d'un seul trait, en partant d'Europe, était la traversée de Liverpool à New-York. La marine française a eu l'honneur de faire plus; un de ses navires à vapeur est allé sans s'arrêter de Rochefort à la Havane. Le charbon embarqué à Rochefort a suffi à tout le trajet.

Ce curieux, cet important voyage s'est réalisé par la combinaison des deux systèmes de navigation.

Si vous entrepreniez de faire marcher à la vapeur un bâtiment destiné à porter ordinairement une vaste voilure, vous perdriez une grande partie de votre force par la résistance que l'air exercerait sur la mâture, sur les vergues, sur les cordages, sur les haubans. Eh bien, il s'est trouvé dans notre marine un officier qui a conçu la possibilité de se débarrasser de tous ces obstacles à volonté, et en très-peu de temps, qui a obtenu de l'administration de la marine la permission d'installer son nouveau système sur un grand bateau à vapeur, qui a montré aux marins de Rochefort étonnés un mâture qui descend tout entière sur le pont, des vergues à articulation qui se reploient sans difficulté, enfin un navire qui marche à la voile quand le vent est favorable, et à la vapeur dès qu'il y a calme ou vent contraire.

Le bateau à vapeur installé par M. Béchameil, est allé de Rochefort à la Havane en naviguant tantôt comme bâtiment à voile, tantôt comme bateau à vapeur. Sa vitesse moyenne a été, dit-on, de près de quatre lieues à l'heure. Si ces faits sont exacts, ils ont de l'importance et font honneur à notre marine. Je demande à M. le

ministre de donner suite à cette expérience. Je désire qu'elle soit continuée, complétée, dans le triple intérêt des sciences, de la marine et de l'honneur national.

## XVI

### CHRONOMÈTRES ET CERCLES A RÉFLEXION DESTINÉS A LA MARINE [1]

Le chapitre x du budget est ainsi conçu : « Travaux et dépenses pour le progrès des sciences maritimes, 685,700 fr. »

Je propose d'ajouter à ce chapitre une somme de 30,000 fr. pour la construction de chronomètres et de cercles à réflexion destinés à la marine.

Il faut distinguer, dans le service de la marine, trois branches entièrement distinctes : le combat, la manœuvre, le pilotage. Je ne parlerai pas des deux premières ; je serais incompétent. Et d'ailleurs, il faut le dire, sous ce rapport le glorieux combat de Navarin, la mémorable expédition du Tage, ont montré au pays, d'une manière éclatante, que les marins de notre époque sont les dignes successeurs de ceux qui jadis illustrèrent à un si haut degré notre pavillon ; et dans ce nombre je comprends les marins de la République et de l'Empire, lesquels, placés dans les circonstances les plus défavorables, avec un matériel imparfait, avec des équipages inexpérimentés, ne succombèrent qu'après avoir coulé bas aux Anglais trente-deux vaisseaux de premier rang, sept vaisseaux

1. Discours prononcé dans la séance de la Chambre des députés du 22 mai 1833.

de 50 canons, quatre-vingt-six frégates, et une multitude de bâtiments de moindre dimension.

La seule question dont je veuille vous entretenir est une question de pilotage; c'est une question qu'un de nos honorables collègues, auquel j'avais communiqué mes idées à ce sujet, a appelée une question scientifique. « Votre amendement, m'a-t-il dit, serait certainement adopté dans une académie; mais, dans une assemblée des mandataires du pays, dans une assemblée qui ne doit s'occuper que de pratique, le succès de cet amendement me paraît incertain. »

Ces paroles ont tracé la route que je dois suivre en développant mon amendement. J'ai rassemblé des faits importants, à chacun desquels j'ai donné la date et un nom propre, afin de prouver que l'amélioration que je propose, c'est-à-dire la présence à bord de chaque bâtiment d'un chronomètre et d'un cercle de réflexion, sera suivie d'importants résultats et préviendra de grands malheurs.

Je demande à la Chambre la permission d'entrer dans quelques détails techniques sur la méthode qu'on appelle l'*estime;* je tâcherai de ne pas fatiguer son attention.

On se sert, en mer, de la boussole, qui indique la direction suivant laquelle on navigue; on se sert encore d'un autre petit instrument appelé *loch*, qui se jette à la mer, pour déterminer la vitesse du navire.

Je parlerai tout à l'heure des erreurs grossières qui peuvent résulter de l'emploi exclusif du premier instrument. Je vais dire quelques mots des erreurs produites par l'emploi du *loch*.

Quel est celui de vous, Messieurs, qui n'a pas vu sur a Seine un batelet poussé par un vent d'ouest rester tout à fait immobile relativement au quai? Cela vient de ce que la force du vent suffit tout juste pour contre-balancer le mouvement descendant du courant.

Comment détermine-t-on, en mer, le chemin qu'on a parcouru? On jette une planche, on la suppose immobile; or, souvent elle ne l'est pas; souvent elle est entraînée par les courants. Vous croyez marcher, et vous ne marchez pas; vous êtes comme l'homme qui monte le petit bateau dont je parlais tout à l'heure; car celui-ci, quoiqu'il soit arrêté, croirait qu'il remonte le courant avec la vitesse dont ce courant est doué, si, comme le navigateur, il jetait une planche à l'eau et y prenait son repère.

Mais, dira-t-on, existe-t-il en mer des courants? N'est-ce pas une considération théorique qui fait supposer qu'il y a au milieu de l'Océan de véritables rivières, marchant ici du nord au sud; là, du sud au nord; ailleurs, de l'est à l'ouest? Or, de tels courants existent, sans aucun doute, et les erreurs qui en résultent sont souvent énormes.

Ainsi, je trouve dans le voyage du capitaine Marchand, si savamment discuté par M. Fleurieu, qu'il règne au nord de l'océan Atlantique des courants de neuf et de dix-sept lieues par jour.

Ailleurs, dans l'hémisphère sud, je trouve que le même capitaine Marchand, qui était au courant de toutes les méthodes scientifiques, s'était trompé de soixante-seize lieues dans un espace de quinze jours. Dans le même hémisphère sud, j'aperçois une erreur de l'estime de quatre-vingt-neuf lieues dans l'espace de dix jours. A

quels accidents épouvantables des incertitudes de cette nature ne peuvent-elles pas conduire? Eh bien, les bâtiments de l'État naviguent presque tous par cette méthode défectueuse de l'estime; ils ne se servent que de la boussole et du loch.

Je viens de parler du voyage du capitaine Marchand; on me répondra sans doute qu'à cette époque les méthodes nautiques n'étaient pas perfectionnées, et qu'il y a eu erreur dans les observations. Eh bien, je trouve dans les livraisons déjà publiées du voyage du capitaine Freycinet que, dans la Méditerranée, il a traversé des courants qui avaient une vitesse de quatorze lieues par jour; que, dans l'océan Pacifique, il en a rencontré dont la marche correspondait à vingt-une, et même à vingt-trois lieues dans le même intervalle.

Je vous le demande, Messieurs, n'êtes-vous pas effrayés des catastrophes que de telles erreurs doivent entraîner? La conséquence n'est pas toujours un naufrage, sans être moins fâcheuse. Vous croyez être fort loin de la côte, vous manquez de profiter du vent qui devait vous faire entrer dans le port, et vous êtes obligé de l'attendre quinze jours.

On éviterait complétement ces erreurs, si les bâtiments étaient munis d'un chronomètre et des instruments à réflexion. Je prendrai un dernier exemple dans la marine anglaise pour épuiser la question. Un bâtiment, *le Blossom*, destiné à une expédition scientifique, ayant à bord un officier du plus rare mérite, le capitaine Beckey, a fait, par l'estime, dans le passage de Ténériffe au Brésil, une erreur de quatre-vingt-une lieues. S'il n'avait pas

eu à son bord des moyens d'observation de la nature de ceux que je réclame, il aurait pu manquer le port de Rio-Janeiro, et aventurer le succès de son intéressante expédition.

Il existe une autre cause d'erreur que j'ai signalée tout à l'heure. Cette cause tient aux imperfections de la boussole. Je le dis à regret : sous ce dernier rapport, la marine ne s'est pas élevée à la hauteur des connaissances actuelles.

On se dirige en mer au moyen de l'aiguile aimantée. Dans chaque lieu, l'aiguille forme avec le méridien un angle déterminé ; mais à bord d'un navire, il y a des masses de fer considérables, il y a des ancres, des canons, des boulets, des caisses en fer remplies d'eau. Or, tout cela altère la position de l'aiguille. Je reconnais qu'avant de sortir du port, on peut déterminer numériquement la valeur de cette déviation locale ; mais malheureusement il a été constaté, par des expériences que la théorie est venue éclaircir depuis, que la quantité de cette déviation qui résulte de la présence des masses de fer répandues dans le navire n'est pas la même dans toutes ses positions, dans toutes ses orientations ; ainsi les ancres, les câbles en fer, les canons, altèrent d'une certaine quantité la position de l'aiguille quand vous marchez au nord, et ils altèrent cette position d'une quantité tout autre quand vous marchez au midi. La différence, même sans qu'on s'élève par de très-grandes latitudes, est quelquefois de 10, de 15, de 25 degrés.

Dans la crainte qu'on ne dise encore ici que je fais de la théorie, je vais citer quelques événements fâcheux qui

sont résultés de l'ignorance où l'on était jadis, relativement aux changements de ces déviations accidentelles de l'aiguille aimantée suivant les diverses positions du navire. Je les emprunte à un navigateur dont assurément personne ne contestera l'autorité, au capitaine Scoresby.

En 1804, 69 navires marchands font voile de Cork le 26 mars, sous l'escorte de deux vaisseaux de ligne anglais, *le Carysfort* et *l'Apollon*. Le 2 avril, dans la nuit, pendant que *l'Apollon*, d'après l'estime, était à 100 milles (33 lieues de terre), il se brise sur la côte de Portugal, près du cap Mondego; 29 des vaisseaux marchands qui avaient réglé leur route sur celle de *l'Apollon* firent également naufrage. Il périt dans cette catastrophe près de 300 matelots. On a longtemps attribué ce terrible naufrage à l'action des courants; mais il paraît constaté, d'après la discussion de M. Scoresby, qu'il a été, en grande partie, occasionné par une erreur accidentelle de la déclinaison magnétique qui trompa le capitaine de *l'Apollon*, sur la marche duquel tous ces navires marchands dirigeaient leur marche.

Dans l'hiver de 1811 à 1812, *le Héro*, de 74, se perd au Texel, en venant du Cattegat, avec plusieurs des bâtiments marchands qu'il escortait. Il ne se sauva que 8 matelots. *Le Saint-Georges* de 98, amiral Reynolds, et *la Défiance* de 74, éprouvent le même sort sur la côte du Jutland. L'amiral, le capitaine de *la Défiance*, près de 2,000 matelots furent noyés.

En 1810, *le Minotaure*, de 74, fait naufrage à l'embouchure du Texel, le 22 décembre; 360 matelots périssent.

M. Scoresby regarde comme très-probable que ces quatre naufrages n'auraient pas eu lieu si les capitaines avaient connu les moyens de tenir compte de la déviation locale de la boussole.

Est-il possible de se garantir de cette cause d'erreur? Oui, Messieurs, on peut s'en garantir très-facilement; et je ne propose pas d'allocation pour cela, car la dépense dans chaque bâtiment ne sera que de 10 à 12 fr. La méthode de correction dont je veux parler est due à M. Barlow. Elle consiste à compenser la déviation par une petite plaque de fer placée près de la boussole. Le magnétisme terrestre, qui est la cause des changements de déclinaison, modifie également les masses troublantes et la plaque de correction, en sorte que tout se compense à peu près exactement en tout lieu et dans toutes les orientations du navire.

Je prends la liberté de recommander cette ingénieuse méthode à M. le ministre de la marine. Je le prie de vouloir bien engager les officiers sous ses ordres à l'étudier. La navigation, par de hautes latitudes surtout, en tirera de grands avantages, sans aucune augmentation de dépense.

On ne manquera sans doute pas de s'écrier : En admettant l'existence de tant de causes d'erreur, il doit en résulter la perte d'un très-grand nombre de bâtiments; or, est-il vrai qu'il s'en perde beaucoup? Quoique dans la marine anglaise les méthodes que je recommande soient plus répandues que dans la marine française, il se perd trois navires chaque deux jours, plus de cinq cents bâtiments par an. Je suis très-loin d'affirmer que

tous les naufrages proviennent de l'absence de chronomètres et d'instruments à réflexion; mais une bonne partie peut être attribuée à cette cause. Sur la côte de France, depuis Dunkerque jusqu'à Saint-Jean-de-Luz, il se perd quatre-vingt-huit bâtiments par an. En supposant que le tiers seulement de ces naufrages tienne aux erreurs de l'estime, ce serait porter remède à un mal très-grave que de donner aux marins les moyens de s'en garantir. Au reste, les méthodes nautiques communes, auxquelles je voudrais voir substituer des moyens plus scientifiques, ont été caractérisées comme elles le méritent par des marins dont le nom ne peut manquer d'avoir une grande autorité dans cette Chambre.

Voici de quelle manière, par exemple, M. Fleurieu parle de l'estime.

« Puissent mes comparaisons faire sentir à nos navigateurs que l'*estime* n'est qu'un moyen subsidiaire dont il n'est plus permis de faire usage que lorsqu'il n'est pas possible de chercher dans le ciel la position qu'occupe le vaisseau sur la terre.

« Ce n'est que par le secours des observations astronomiques qu'on peut parvenir à rectifier les erreurs inévitables de l'*estime* de la route; estimation arbitraire qui n'est fondée sur aucun principe solide.

« Les méthodes vulgaires de pilotage sont le tâtonnement des aveugles.

« On ne saurait trop inviter les navigateurs français à abandonner enfin la vieille routine et à employer les nouvelles méthodes *qu'il n'est plus permis d'ignorer sans honte.* »

Ainsi, après avoir cité des faits positifs, je montre, par l'autorité d'un navigateur dont le savoir et l'expérience ne sont ignorés de personne, que la méthode ordinaire de pilotage ne saurait être trop vivement combattue : j'arrive maintenant à la méthode que les navigateurs instruits ont substituée aux tâtonnements de l'estime. Ils décomposent la route que l'on fait en deux portions : la première dirigée du nord au sud, s'évalue sans difficulté, et par une observation à la portée de tout le monde; la portion placée de l'est à l'ouest est l'objet d'un problème qu'on a appelé le problème des longitudes, et dont on s'est occupé avec une grande constance depuis deux siècles.

A-t-on jamais considéré ce problème comme purement spéculatif, comme un problème de théorie? Déjà, en 1603, Henri IV accordait une forte pension à un auteur qui avait trouvé une méthode de détermination des longitudes un tant soit peu plus exacte que les méthodes alors employées.

En 1604, Philippe III d'Espagne s'engage à donner un prix de 100,000 écus à celui qui résoudra ce problème d'une manière satisfaisante.

En 1606, les États de Hollande offrent 100,000 florins pour le même objet.

En 1634, Richelieu fait étudier une méthode de Morin, par une commission composée de l'intendant général de la marine, de trois capitaines de vaisseau, et de cinq savants, au nombre desquels se trouvait Pascal.

En 1668, Louis XIV promet 100,000 fr. à un Allemand qui prétend avoir trouvé une méthode des longi-

tudes. Je trouve dans la liste des commissaires : Colbert, Huygens, Roberval, Picard, et Duquesne, le vainqueur de Ruyter.

En 1714, sous la reine Anne, un acte du parlement d'Angleterre promet 20,000 livres sterling (près de 500,000 fr.) à celui qui donnera une méthode propre à déterminer les longitudes, après un délai de six semaines, à un demi-degré près.

Je passerai sous silence les épreuves nombreuses faites par ordre de l'Académie des sciences, afin qu'on ne m'impute pas de me jeter dans des spéculations.

Le gouvernement anglais ne s'en est pas tenu à de simples promesses; il a accordé des sommes considérables à tous ceux qui ont fait faire quelques progrès au problème des longitudes. Ainsi, en 1714, le parlement donna 50,000 francs à Whiston pour de simples essais; en 1765, il décerna une somme de 250,000 francs à Harrison, d'abord charpentier de village, et ensuite très-habile horloger, pour avoir exécuté une montre avec laquelle des officiers de la marine avaient déterminé assez exactement la longitude de la Jamaïque. En 1800, je vois figurer Arnold et Earnshaw, chacun pour 75,000 francs, parmi les récompenses données pour le perfectionnement de la même question. Auparavant, en 1766, il avait alloué à la veuve du célèbre astronome Tobie Mayer une somme de 75,000 francs. Je ne crois point me tromper en affirmant que le gouvernement anglais a, je ne dis pas promis, mais donné près d'un million pour le problème des longitudes.

Aujourd'hui, les moyens de déterminer cet élément de

toute navigation exacte sont d'une extrême précision. J'en citerai seulement deux exemples, que j'emprunterai aux navigateurs anglais. J'aurais pu en puiser également dans la marine française, surtout dans les voyages de découvertes, parce que les bâtiments chargés de ces expéditions ont à bord, pour se diriger, des moyens qui n'existent pas, du moins au même degré, dans les autres navires de l'État.

Voici les deux exemples dont je veux parler. La navigation des bâtiments de la compagnie des Indes, de ces bâtiments qu'on appelle en Angleterre *indiamen*, se fait par les moyens perfectionnés dont je demande l'application plus générale dans notre marine. Un convoi de ces bâtiments partit, il y a quelques années, de l'île de Madère, ne rencontra pas une seule voile dans toute sa traversée, ne vit pas un seul coin de terre, et arriva à Bombay assez sûr de sa position pour y jeter l'ancre au milieu de la nuit.

Voici mon second exemple. Le capitaine Basilhall, commandant d'un bâtiment de l'État, partit de San-Blas, sur la côte occidentale du Mexique, doubla le cap Horn sans apercevoir la terre; parvenu à cinq journées de distance de Rio-Janeiro, il détermine sa longitude, ne commence à diminuer sa voilure qu'à cinq lieues de distance, mais sans changer sa route. Le jour commence à poindre; un coup de vent dissipe le brouillard, et tout l'équipage reconnaît avec enthousiasme que le cap du navire est exactement dirigé sur le *Pain de sucre* qui marque l'entrée de Rio-Janeiro.

Le problème des longitudes, je le répète, est aujour-

d'hui complétement résolu. Il n'y a plus, quant au Levant, dans la détermination de la place d'un bâtiment en pleine mer, que des erreurs extrêmement légères et sans aucune importance réelle.

Malgré ces immenses progrès, le Anglais ne sont pas restés inactifs. Ils ont établi des prix graduels pour les chronomètres; le prix est d'autant plus considérable que le chronomètre marche avec plus de précision. Ils sont arrivés ainsi à une précision vraiment étonnante.

Ne croyez pas, Messieurs, que ces mêmes résultats ne puissent être obtenus en France. Il y a à Paris des horlogers d'une grande habileté qui vous fourniront des instruments au moins aussi parfaits, si vous les leur commandez.

Je regrette vivement que le défaut d'allocations suffisantes ne permette pas à M. le ministre de la marine d'acquérir un assez grand nombre de chronomètres pour pouvoir en placer au moins un à bord de tous les navires qui doivent faire des voyages un peu longs.

Je terminerai par une réflexion qui montrera à quel point nous sommes arriérés sous ce rapport.

J'ai demandé au constructeur qui fait à Paris des instruments à réflexion, dont la réputation est européenne, combien il avait vendu de cercles à réflexion. Il m'a répondu qu'en 1831, ce nombre ne s'était élevé qu'à quatre. Or, il est à ma connaissance personnelle que quatre cercles à réflexion ont été achetés par les ordres de la reine pour être donnés en cadeau aux officiers de la frégate sur laquelle le prince de Joinville s'embarqua.

En 1832, le même artiste n'en a vendu que deux.

J'ai visité à Londres les ateliers de Troughton et de Sims, et je les ai vus remplis de piles d'instruments à réflexion que les officiers de marine y avaient déposés. Quant aux chronomètres, je sais que de 1822 à 1832, on en a déposé 500 à l'observatoire de Greenwich pour y être essayés.

Il résulte d'un document officiel, qu'à la date de 1818, un seul constructeur, M. Earnshaw, avait déjà vendu, pour sa part mille chronomètres.

Nous ne devons pas espérer de pareils succès en France; mais je crois que si vous adoptez l'amendement que je propose, la direction favorable que vous imprimerez aux études nautiques aura cet heureux résultat, que les officiers de la marine marchande, astreints par nos lois à s'embarquer sur les navires de l'État, prendront généralement le goût des bonnes méthodes, et sortiront bientôt de l'ornière profonde dans laquelle nous nous traînons depuis trop long temps. (Marques générales d'adhésion.)

[Après la réponse de M. le ministre de la marine, M. Arago a répliqué en ces termes :]

Je me serais bien mal expliqué si l'on pouvait induire de mes paroles, que je regarde notre marine comme n'étant pas à la hauteur de la marine anglaise. Je connais personnellement un grand nombre d'officiers de notre marine, et nulle part je n'ai vu, je le déclare hautement, plus de talent, plus d'instruction, plus de zèle que chez ces jeunes gens. Ce que je demande, c'est que ce zèle soit bien dirigé; c'est qu'on mette dans des mains

aussi habiles, des moyens d'arriver aux importants résultats que nous pouvons en espérer.

M. le ministre de la marine a dit qu'il est arrivé très-rarement qu'un bâtiment de l'État soit parti sans chronomètre. Je suis fâché d'être, à cet égard, mieux instruit que M. le ministre lui-même. (On rit.) Je ne prétends pas que cela ait lieu par l'effet d'une mauvaise volonté; mais il est certain, je le répète, que des bâtiments partent souvent, même pour l'Amérique, sans s'être pourvus des moyens de déterminer leur longitude. Ces jours derniers, par exemple, un bâtiment de l'État, commandé par le capitaine Louvel, est revenu du Sénégal. Sur le parallèle des Açores, cet officier a vu ou cru voir un écueil. Eh bien, il n'a pu en déterminer la position, faute d'avoir un chronomètre. Il y a, je le répète, dans la marine française, tous les éléments de succès possibles. Les officiers qui sortent de l'école navale sont pleins d'instruction et de zèle. Ce que je demande, c'est qu'on mette dans leurs mains les moyens de naviguer avec sûreté. (Aux voix! aux voix!)

[L'amendement proposé par M. Arago a été adopté.]

FIN DU TOME DEUXIÈME DES NOTICES SCIENTIFIQUES

# TABLE DES FIGURES



FIN DE LA TABLE DES FIGURES

# TABLE DES MATIÈRES

## DU TOME CINQUIÈME

### TOME II DES NOTICES SCIENTIFIQUES

---

## NOTICE HISTORIQUE

### SUR LES MACHINES A VAPEUR

## EXPLOSIONS DES MACHINES A VAPEUR

## LES CHEMINS DE FER

## SUR LES CHAUX

### LES MORTIERS ET LES CIMENTS HYDRAULIQUES

#### SUR LES POUZZOLANES NATURELLES ET ARTIFICIELLES



## NAVIGATION



FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES DU TOME CINQUIÈME
TOME DEUXIÈME DES NOTICES SCIENTIFIQUES

